

Conceptualización y diseño de la instalación interactiva Pinzas Ópticas para el Deutsches Museum Nürnberg

Beatriz Vargas Campos

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial

Para optar por el título de Ingeniería en Diseño Industrial
con el grado académico de Bachillerato

Asesor Académico:

María del Carmen Valverde Solano

Asesor en la empresa:

Laurens Rinke

Stuttgart, Diciembre, 2020

Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Diseño Industrial
Trabajo Final de Graduación_Bachillerato | II Semestre_2020

Trabajo Final de Graduación_Proyecto
Bachillerato Ingeniería en Diseño Industrial

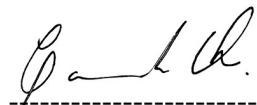
Constancia de la Defensa

El Trabajo Final de Graduación presentado por el estudiante Beatriz Vargas Campos, carné 2015123689 para optar por el Título de Ingeniería en Diseño Industrial con grado académico Bachiller Universitario del Instituto Tecnológico de Costa Rica, titulado:

*Conceptualización y diseño de la instalación interactiva Pinzas
Ópticas para el Deutsches Museum Nürnberg*

ha sido defendido el día 22 de marzo del año 2021 ante el Tribunal Evaluador y su Profesor Asesor.

DI. María del Carmen Valverde Solano, MGP
Profesor Asesor



Ing. Cassandra Quesada Hernández
Tribunal Evaluador 1

PhD. Franklin Hernández – Castro
Tribunal Evaluador 2

22, 03, 2021

Resumen

En los últimos años, se han desarrollado nuevas ramas de la ciencia para los estudios de sistemas biológicos y una de las herramientas que han marcado esta evolución son las pinzas ópticas.

Compuestas por un microscopio, una cámara y un láser, las pinzas ópticas permiten mover y controlar objetos con una precisión de piconewtons. Las pinzas ópticas son muy utilizadas para estudiar bacterias y células, ya que tienen la capacidad de capturarlas vivas sin causarles ningún daño.

Lastimosamente, a la hora de compartir los avances científicos con el público general existe una barrera de conocimiento que dificulta el proceso. Por este motivo, 17K recibió el encargo de realizar la exhibición de pinzas ópticas para el Deutsches Museum en Nürnberg – DMN.

Esta exhibición busca facilitar el proceso de comunicación a través de una experiencia que contiene elementos visuales, tangibles y hápticos, con el fin de compartir y enseñar al público general de manera lúdica e interactiva.

Palabras claves:

Pinzas ópticas, exhibición, lúdico, interactivo, diseño de experiencia de usuario.

Abstract

In recent years, new branches of science have developed for studying biological systems and one of the main tools that have marked this evolution are optical tweezers.

Composed of a microscope, a camera and a laser, optical tweezers allow moving and controlling objects with a precision of piconewtons. The optical tweezers are widely used to study bacteria and cells, since they have the ability to capture them alive without causing any damage.

Unfortunately, when sharing scientific advances with the general public there is a knowledge barrier that hinders the process. For this reason, 17K was commissioned to create an exhibition of optical tweezers for the Deutsches Museum in Nürnberg - DMN.

This exhibition seeks to facilitate the communication process through an experience that contains visual, tangible and haptic elements, in order to share and teach to the general public in a playful and interactive way.

Key words:

Optical tweezers, exhibition, playful, interactive, user experience design.

Tabla de contenidos

1. INTRODUCCIÓN	7
1.1. ANTECEDENTES	8
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	9
1.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	9
1.4. OBJETIVOS	10
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	10
2. MARCO METODOLÓGICO.....	11
1.1. METODOLOGÍA	12
1.2. CRONOGRAMA	13
3. MARCO TEÓRICO	14
3.1. ÓPTICA GEOMÉTRICA	15
3.2. MOVIMIENTO BROWNIANO.....	15
3.3. FRICCIÓN DE STOKES	15
4. INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS	16
4.1. ANÁLISIS DE LO EXISTENTE	17
4.1.1. ¿QUÉ SON LAS PINZAS ÓPTICAS?	17
4.1.2. ¿CÓMO FUNCIONAN?	18
4.1.3. ¿CÓMO SE USAN?	19
4.1.4. ¿PARA QUÉ SE USAN?.....	20
4.2. ANÁLISIS DE CONTENIDO	22
4.2.1. PREPARAR UNA MUESTRA.....	22
4.2.2. ENFOCAR LAS PINZAS ÓPTICAS	23
4.2.3. ATRAPAR UNA MOLÉCULA.....	24
4.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	25
4.3.1. THOR LABS.....	25
4.3.2. ELEMENTPI	26
4.3.3. IMPETUX.....	27
4.3.4. SÍNTESIS	28
4.4. ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS.....	30
4.4.1. PANTALLA TÁCTIL	30
4.4.2. JOYSTICK	31
4.4.3. MOUSE	32
4.4.3. SÍNTESIS	33
4.5. ANÁLISIS DE REFERENCIALES	34
4.5.1. CRIME LAB	35
4.5.2. ELECTRO MICROSCOPE	36
4.5.3. NATURE LAB.....	37
4.5.4. BOSCH THERMOTECHNIK HOUSE	39
4.5.5. BOSCH CONFIGURATOR TABLE.....	40
4.5.6. AVAOS	41
4.5.7. SÍNTESIS DE REFERENCIALES	42
4.6. SÍNTESIS DE INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS	44
5. DESARROLLO DE PROPUESTAS	45

5.1. CONCEPTOS DESARROLLADOS	46
5.1.1. GAMING	47
5.1.2. EXPERIMENTO	48
5.1.3. CREATIVO	49
5.1.4. LABORATORIO	50
5.1.5. EVALUACIÓN DE CONCEPTOS	51
5.2. SELECCIÓN DE PROPUESTA	53
5.2.1. CONTEXTO DE EXHIBICIÓN	53
5.2.2. SELECCIÓN DEL CONCEPTO	54
5.2.3. LO-FI WIREFRAMES DEL TUTORIAL	55
5.2.4. EXHIBICIÓN	56
5.3. ALTERNATIVAS UI.....	58
5.3.1. LUZ.....	58
5.3.2. ENFOQUE	59
5.3.3. LÁSER	60
5.3.4. JOYSTICK	62
5.3.5. POSICIONAMIENTO	65
6. PROPUESTA FINAL	69
6.1. EXPERIENCIA	70
6.1.1. UX WRITING	70
6.1.2. FLOW THEORY	71
6.1.3. EXHIBICIÓN	71
6.1.2. INTERFAZ	75
7. CONCLUSIONES	81
BIBLIOGRAPHY	82

Índice de figuras

FIGURA 1. CRONOGRAMA PROPUESTO.	13
FIGURA 2. PINZAS ÓPTICAS PORTÁTILES DE THORLABS:.....	17
FIGURA 3. INTENSIDAD DEL HAZ GAUSSIANO:.....	18
FIGURA 4. HAZ GAUSSIANO CON LENTE:	19
FIGURA 5. CONTROLADORES DE LAS PINZAS ÓPTICAS:.....	19
FIGURA 6. INTERFAZ GRÁFICA DE THORLABS:	20
FIGURA 7. DISOLUCIÓN DE SÍLICE Y EQUIPO PARA LA MUESTRA:.....	22
FIGURA 8. LÁSER Y MOLÉCULAS DE SÍLICE ENFOCADAS:.....	23
FIGURA 9. MOLÉCULA DE SÍLICE EN TRAMPA ÓPTICA:	24
FIGURA 13. GESTOS EN PANTALLA TÁCTIL:.....	30
FIGURA 14. USO DEL JOYSTICK:	31
TABLA 2. MÍNIMOS COMUNES DE ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS.	33
FIGURA 16. EXHIBICIÓN DE PERFILAMIENTO DE ADN:	35
FIGURA 17. EXHIBICIÓN SOBRE EL MICROSCOPIO DE ELECTRONES:	36
FIGURA 18. EXHIBICIÓN DEL LABORATORIO NATURAL:	37
FIGURA 19. MODELO DE CADA TERMO TÉCNICA DE BOSCH:	39
FIGURA 20. TABLA DE CONFIGURACIÓN DE BOSCH:	40
FIGURA 21. PROTOTIPO INTERACTIVO DE SISTEMA DE MANEJO:	41
TABLA 3. MÍNIMOS COMUNES DE ANÁLISIS DE REFERENCIALES.....	42
TABLA 4. EVALUACIÓN DE CONCEPTOS.	51
FIGURA 22. MAPA DEL ÁREA DE ESPACIO Y TIEMPO DE DMN:	53
FIGURA 26. ELEMENTO INTERACTIVO LUZ.	58
FIGURA 36. VARIACIÓN 01 DE ELEMENTOS EN INTERFAZ.....	66
FIGURA 39. ACERCAMIENTO A LA EXHIBICIÓN.	72

1. Introducción

Inicialmente se introduce la empresa y se da el contexto del proyecto junto con sus necesidades, objetivos y alcances para delimitar el mismo.

1.1. Antecedentes

17K es una agencia de diseño alemana que se dedica a la conceptualización, el diseño y desarrollo de instalaciones interactivas. Esto lo logran principalmente con el diseño de interfaces, diseño generativo y el video mapping; ya sea para conferencias, ferias o salas de exposiciones.

Su enfoque está en involucrar al usuario de manera activa para facilitar el acceso a la información. Esto se busca por medio de generar una experiencia intuitiva y lúdica manteniendo la interacción del usuario siempre en primer plano. De esta manera se aumenta el valor de la instalación y se mejora la comunicación de esta.

17K ganó la comisión para diseñar las exhibiciones del nuevo Deutsches Museum en Nürnberg – DMN – un museo que trata los temas de tecnología y los posibles futuros de nuestra sociedad. Una de las principales áreas es la de espacio y tiempo, en dónde se ubica la exhibición de las pinzas ópticas.

A pesar de que el desarrollo de esta herramienta es el motivo por el que Arthur Ashkin, Gérard Mourou y Donna Strickland ganaron su premio Nobel de física en el 2018, son pocos quienes entienden su uso y aplicaciones. Por esto DMN decide que esta información debe de estar accesible al público.

Las pinzas ópticas son una herramienta que, por medio de un láser, permiten mover y controlar objetos con una precisión de piconewtons. Principalmente son utilizadas por biólogos para manipular diferentes tipos de moléculas y células. Fue en 1987 que el mismo Arthur Ashkin logró capturar bacterias vivas sin dañarlas por primera vez. Desde entonces se abrieron miles de posibilidades, alcances y usos gracias a esta herramienta.

1.2. Justificación e importancia

En la actualidad, ramas como la biología molecular se han desarrollado para los estudios de sistemas biológicos, gracias a los descubrimientos logrados por el uso de las pinzas ópticas. Dentro de los principales usos están el alargamiento de moléculas de ADN, la detección de fuerzas intermoleculares y la medición de rendimientos en bacterias.

Lastimosamente, a pesar de los grandes avances logrados, cuando se habla de desarrollo científico, existe una alta barrera de conocimiento entre los científicos y el público general. Por esto, comunicar dichos avances cuenta con un grado de dificultad que debe de ser atacado con diversos elementos.

Dentro de la exhibición de pinzas ópticas, se busca diseñar una experiencia que contenga elementos visuales, tangibles y hápticos, con la cual se enseñe de manera lúdica e interactiva sobre esta herramienta. Aumentando así el valor de la experiencia y facilitando la comunicación por medio de esta.

1.3. Definición del problema

¿Cómo facilitar a los visitantes del museo el uso y entendimiento de las pinzas ópticas?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar una exhibición que permita a los visitantes interactuar con la información brindada y manipular las pinzas ópticas.

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar los principios de funcionamiento, las aplicaciones y los alcances de las pinzas ópticas para determinar los contenidos a mostrar durante la interacción.
- Identificar los estímulos sonoros y hápticos para ofrecer una experiencia de aprendizaje sobre las pinzas ópticas.
- Diseñar la interacción entre la interfaz y el elemento háptico para permitir la transferencia de información del uso de las pinzas ópticas.

1.5. Alcances y limitaciones

El proyecto tendrá como resultado final la conceptualización y diseño de las interacciones a ofrecer en la exhibición Pinzas Ópticas.

En este proyecto se excluye la implementación e instalación y se enfoca en el proceso de diseño de la interfaz junto con su elemento tangible. Además, de desarrollarse con el visto bueno del cliente DMN en sus diferentes etapas.

2. Marco metodológico

Se establece la metodología a seguir para alcanzar el objetivo final y diseñar la exhibición de pinzas ópticas.

1.1. Metodología

La agencia de diseño 17K se caracteriza por buscar los medios óptimos para poder transmitir la información deseada, apoyándose en el uso de los sentidos y la naturaleza curiosa del ser humano. Por lo que se va a trabajar con una simbiosis entre la metodología de 17K y el Usability Cookbook.

Concepto

1. Investigación y análisis
 - a. Análisis de lo existente
 - i. Entendimiento de la herramienta
 - ii. Descubrir los problemas al mostrar en una exhibición
 - b. Análisis de contenido – estado actual
 - i. Delimitación del contenido a utilizar
 - c. Análisis de información
 - i. Referenciales de interfaces
 - ii. Mínimos comunes
 - d. Análisis de las tecnologías
 - i. Referenciales de tecnologías utilizadas
 - ii. Identificar tecnologías a usar
 - iii. Identificar gestos para la exhibición
 - e. Análisis de referenciales
 - i. Referenciales de exhibiciones, interacción e información
 - ii. Descripción de las interacciones entre interfaz y elementos hápticos
 - iii. Mínimos comunes

Diseño

1. Desarrollo de propuestas
 - a. Propuestas de conceptos
 - i. Estructuración de contenidos
 - ii. Ideación de experiencia
 - iii. Variaciones de la instalación

- iv. Definir interacciones – sonora, háptica y visual
- b. Selección del concepto
 - i. Reunión con el cliente
 - ii. Aprobación del curador
- c. Diseño inicial
 - i. Generación de alternativas
 - ii. Lo-fi wireframes
 - iii. Primer clickdummy

Prototipado

- 1. Propuesta final
 - a. Resumen
 - i. Concepto final
 - ii. Semántica del museo
 - b. Prototipado final
 - i. Aplicar correcciones
 - ii. Diseño y resultado final del proyecto

1.2. Cronograma

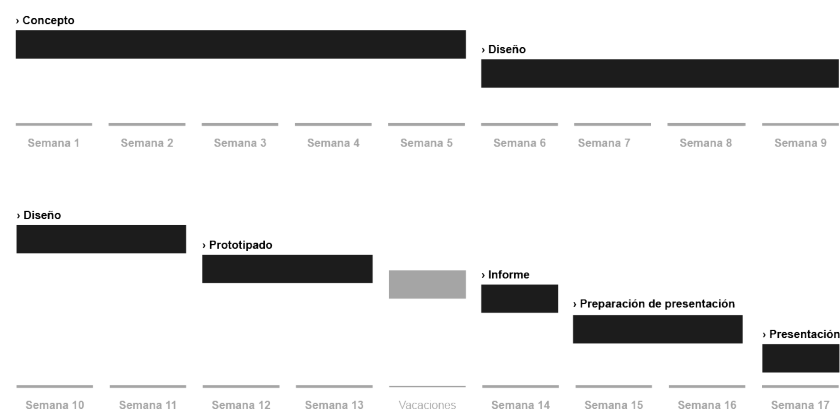


Figura 1. Cronograma propuesto.
Beatriz Vargas.

3. Marco teórico

Se investiga sobre los conceptos al rededor del funcionamiento de las Pinzas Ópticas para poder entender a profundidad su funcionamiento y comunicarlo de manera de correcta.

3.1. Óptica geométrica

Consiste en un conjunto de principios fundamentales, los cuales explican el comportamiento de instrumentos ópticos. Una gran cantidad forma parte de nuestra vida diaria, como lo son los anteojos, las cámaras, telescopios, espejos e inclusive el ojo humano. A lo largo de los años la óptica se ha ido formando a partir de los modelos ondulatorio y corpuscular.

3.2. Movimiento Browniano

En el siglo XIX el botánico Brown descubrió, por medio de la observación, que las partículas suficientemente pequeñas presentan un movimiento aleatorio al ser inmersas en un líquido. Al estudiar este fenómeno logró llegar a explicarlo a escala molecular como las colisiones generadas por pequeñas partículas con partículas de mayor tamaño dentro de la mezcla.

3.3. Fricción de Stokes

Cuando un cuerpo se encuentra en caída libre dentro de un fluido viscoso, ya sea aire o un líquido, este va a estar sometido a la fuerza que ejerce su propio peso – P , y una fuerza de empuje – E , en sentido contrario al peso. Esta fuerza E existe por el simple hecho de que el cuerpo se encuentra sumergido. De ser que el cuerpo además se encuentra en movimiento, se presenta una fuerza viscosa – R , contraria a dicho movimiento. Esta fuerza viscosa va a ser proporcional a la velocidad y depender del tamaño y la forma del cuerpo.

4. Investigación y análisis

En esta etapa se busca entender el estado actual de la herramienta. Además de cómo cubrir las necesidades de la futura exhibición correctamente. Esto se logra con varios análisis, en dónde cada uno responde a un área diferente de la instalación.

4.1. Análisis de lo existente

Ya con una base sobre el estudio detrás de las pinzas ópticas se estudian las mismas contestando a las preguntas más básicas que uno se plantea al enfrentarse a esta nueva herramienta.

4.1.1. ¿Qué son las pinzas ópticas?

Las pinzas ópticas son una herramienta que por medio de la manipulación de un láser permiten capturar elementos de tamaño molecular y reposicionarlos dentro de la prueba ubicada en el microscopio. En este proyecto se va a trabajar con las pinzas ópticas portátiles de Thor Labs, las cuales están compuestas por un microscopio, un láser de clase 3B y un espejo expensor. Pueden alcanzar una precisión de micras, simbolizado μm .

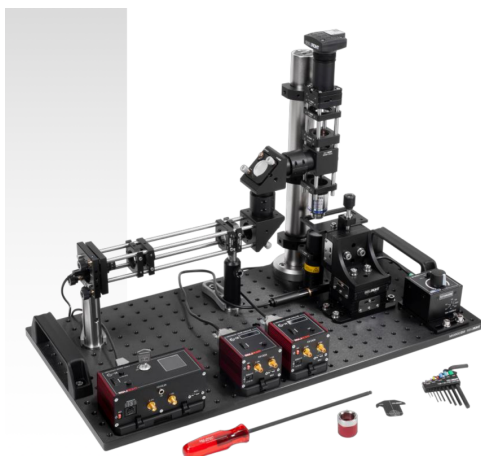


Figura 2. Pinzas ópticas portátiles de Thorlabs:
https://www.thorlabs.com/drawings/1ab60deb9b6b9d2e-7B0538BF-D096-DC18-B3197C8AB459422F/EDU-OT2_M-EnglishManual.pdf.
Thorlabs.

4.1.2. ¿Cómo funcionan?

Contrario a la popular deducción de que la luz no tiene momentum – p , los fotones que la componen sí tienen momentum en forma de energía. De hecho, su fórmula es: energía – E es igual a momentum por la velocidad de la luz – c , $E = pc$. Dándole así a la luz la habilidad de empujar otros objetos. Lo que sucede es que el momentum es tan bajo, que para el ser humano es imperceptible, pero al escalarlo a tamaños de micras se puede observar y medir. Esto es lo que se hace en una pinza óptica y la razón por la que el láser puede ejercer momentum sobre las moléculas, permitiendo así lo que conoce como atrapamiento óptico.

El láser de las pinzas ópticas tiene un haz Gaussiano, esto quiere decir que su intensidad crece en el centro. De intentar atrapar una molécula de Sílice por ejemplo se vería como en la siguiente figura.

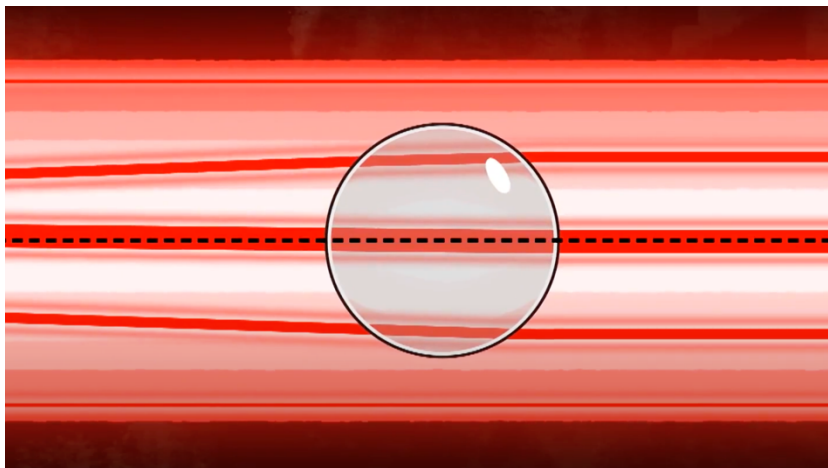


Figura 3. Intensidad del haz Gaussiano:
<https://www.youtube.com/watch?v=XjXLJMUrNBo&t=554s>
Sixty Symbols.

Aquí la fuerza del láser se representa por medio de las líneas rojas y se puede observar cómo este tiene una mayor intensidad en el centro al atravesar la molécula de Sílice. El problema aquí es que los fotones están empujando infinitamente a la molécula en contra del láser. Esto se resuelve agregando un lente que enfoca el láser en un punto específico y evita que se la molécula sea empujada. Como se observa en la siguiente figura.

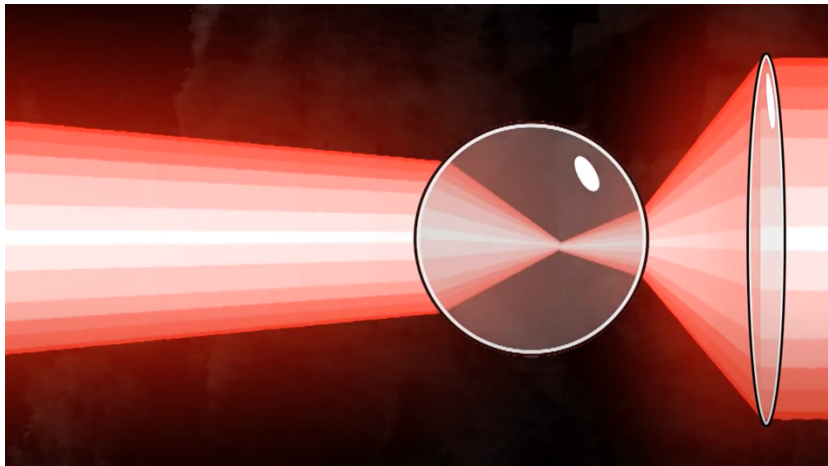


Figura 4. Haz Gaussiano con lente:
<https://www.youtube.com/watch?v=XjXLJMUrNBo&t=554s>
Sixty Symbols.

4.1.3. ¿Cómo se usan?

Para reubicar moléculas dentro de una prueba con las pinzas ópticas, estas primer son atrapadas con el láser y ,mientras la molécula permanece atrapada, se mueve la prueba. Esto permite soltar la molécula en su nueva ubicación una vez alcanzada. Para controlar la posición de la prueba se cuentan con tres controladores, uno para cada eje de movimiento x, y, z. Además de un controlador para el láser y el LED de la cámara junto con sus intensidades. Las herramientas restantes se ofrecen por medio de una interfaz.



Figura 5. Controladores de las pinzas ópticas:
https://www.thorlabs.com/drawings/1ab60deb9b6b9d2e-7B0538BF-D096-DC18-B3197C8AB459422F/EDU-OT2_M-EnglishManual.pdf.
Thorlabs.

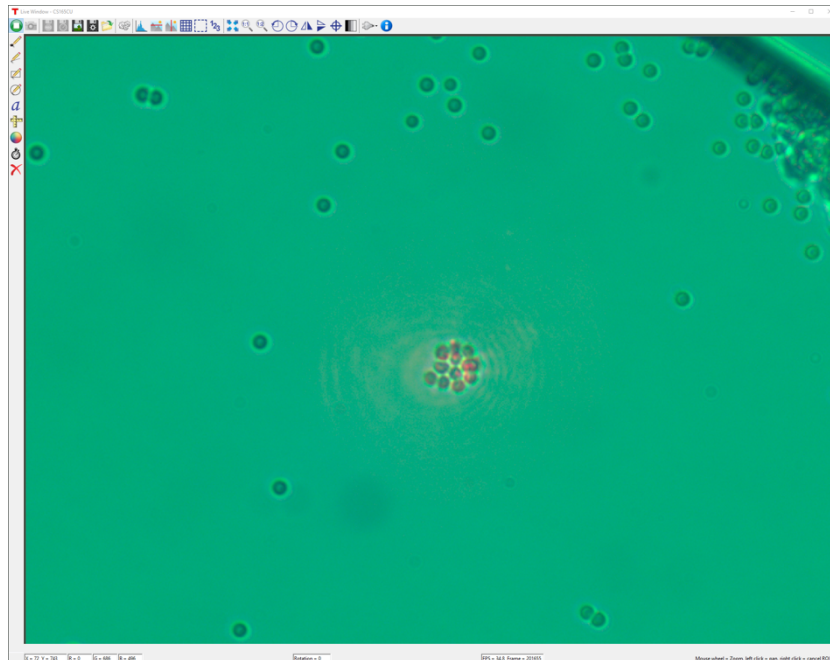


Figura 6. Interfaz gráfica de Thorlabs:
Captura de pantalla realizada durante la prueba.
Beatriz Vargas.

Algunas de las tareas que se pueden completar en la interfaz son:

- Marcar ubicaciones
- Grabar la demostración
- Atrapamiento óptico
- Enfoque del microscopio
- Enfoque de la cámara
- Ajuste de la velocidad
- Ajuste de la intensidad del láser

4.1.4. ¿Para qué se usan?

Las pinzas ópticas se aplican en muchas áreas de investigación diferentes. Por ejemplo, en la biología celular, la biomedicina, el descubrimiento de fármacos, la bioquímica, la biofísica, así como en la física o las ciencias de los materiales. Por lo tanto, los usos de las pinzas ópticas son muy diversos.

Esta lista contiene algunos de los usos:

Patrón de superficie 2D: guía del crecimiento de las dendritas

- Micromanipulación 3D precisa de células individuales: escritura directa
- Gotas de proteína y separación de fases
- Microrreología

- La investigación sobre drogas
- Estudios del crecimiento de los cristales
- Estudios basados en células: Interacciones celulares y manipulaciones intracelulares
- Medición de las fuerzas de unión: Estudios de adhesión bacteriana y viral
- Estudios de motores moleculares: Motores de actina y miosina, kinesina y dinaina
- La unión del ADN o el ARN: Fuerzas de interacción, actividades de la helicasa y la translocasa
- Aislamiento de células y microorganismos
- Dispositivo "Lab-on-a-Chip": Ensayos con biosensores
- Manipulación de nanocables
- Midiendo la gravedad
- El plegamiento de las proteínas y los cambios de conformación
- Estructura celular: propiedades de los filamentos del citoesqueleto y sus motores
- Inmuno-oncología

4.2. Análisis de contenido

Se estudia el estado actual de las pinzas ópticas. Esto con el fin de entender su proceso de uso y determinar a futuro qué y cómo comunicarlo de manera intuitiva para los visitantes del museo.

4.2.1. Preparar una muestra

Para iniciar se deben de tomar una muestra de la disolución y colocar un par de gotas en el lado recortado del vidrio de muestra. Luego se le coloca una cubierta de vidrio, comenzando en una posición inclinada para que no haya burbujas de aire entre el vidrio y la muestra. Se seca el exceso de solución con un tejido y se coloca la muestra sobre el microscopio. Es importante que el controlador z esté en una posición lo suficientemente baja para no lastimar el vidrio.

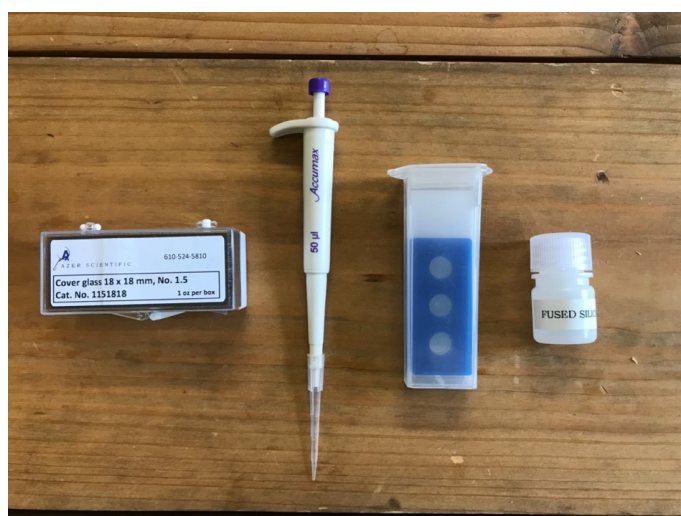


Figura 7. Disolución de sílice y equipo para la muestra:
Foto realizada durante la prueba.
Beatriz Vargas.

4.2.2. Enfocar las pinzas ópticas

Se empieza a acercar la muestra al microscopio. Aquí la velocidad se puede ajustar para avanzar más rápido. El láser aparecerá y se desvanecerá en la interfaz al enfocar el cristal en la trampa óptica, pero no está alineado hasta que se puedan ver claramente las moléculas. De no verse claramente las moléculas, se debe de reposicionar la cámara en las pinzas ópticas. Este paso solo debe de ser realizado para enfocar el láser inicialmente, luego con ver las moléculas enfocadas va a ser suficiente para que el láser esté enfocado también.

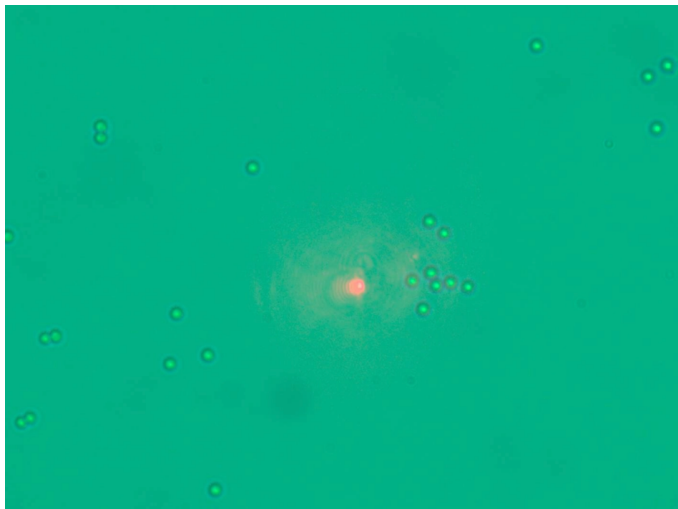


Figura 8. Láser y moléculas de sílice enfocadas:
Captura de pantalla realizada durante la prueba.
Beatriz Vargas.

4.2.3. Atrapar una molécula

Con un simple movimiento en los ejes X y Y se puede mover el láser. Si se ubica una molécula en el láser, ésta se colocará en el centro. Al mover el láser hay una fuerza neta que tira de la molécula hacia el centro, causando que la molécula quede atrapada.

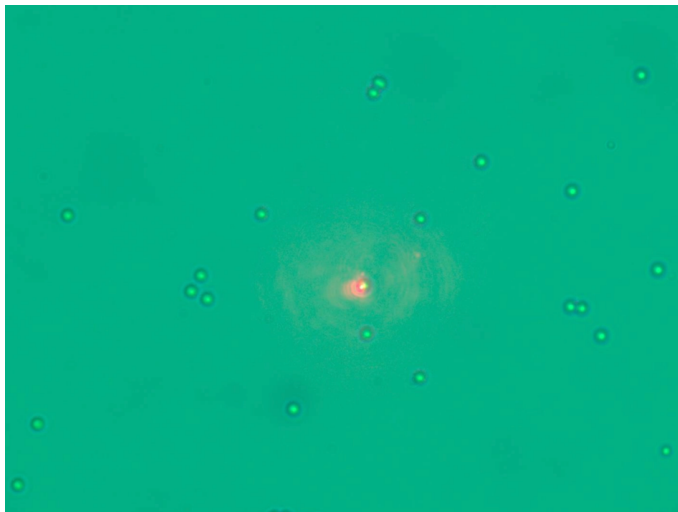


Figura 9. Molécula de sílice en trampa óptica:
Captura de pantalla realizada durante la prueba.
Beatriz Vargas.

4.3. Análisis de la información

Para comprender cómo mostrar la información, se estudian varias interfaces de microscopios moleculares, su información contenida y el acomodo.

4.3.1. Thor Labs

Empresa que produce las pinzas ópticas a utilizar. Cuentan con una interfaz gráfica generada para científicos, pero que busca la sencillez.



Figura 10. Interfaz gráfica de Thorlabs con control:
<https://www.youtube.com/watch?v=SVKWf2tfFHA>.
Thorlabs.

Pros +

- La pantalla es un 80% la vista de la cámara
- Todas las herramientas se encuentran juntas en una misma columna haciéndolas accesibles

- La interfaz cuenta con íconos para la rápida detección de elementos

Cons –

- Hay ambigüedad en las flechas mostradas y su significado en el momento de interactuar (arriba/abajo y adelante/atrás)
- Falta jerarquía entre los subtítulos y el contenido de esa sección

4.3.2. Elementpi

Empresa que crea softwares para microscópicos electrónicos que permiten un acercamiento como el de las pinzas ópticas, para poder observar elementos como moléculas.

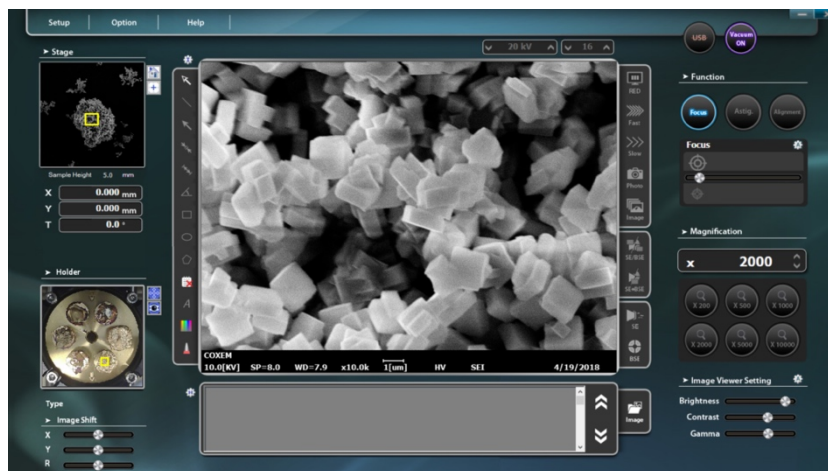


Figura 11. Interfaz gráfica de Elementpi:
<https://elementpi.com/products/em-30-series-desktop-sem/>
Elementpi.

Pros +

- La jerarquía entre secciones y contenido es clara
- Se utiliza un código de color para mostrar el estado de encendido y apagado de los elementos
- Hace referencia a los elementos físicos de control
- Cuenta con un mapa para ubicarse dentro de la prueba

Cons –

- La vista de la cámara podría ocupar más espacio para mostrar la prueba
- En este caso la interfaz cuenta con muchas más opciones de control de las necesarias
- Herramientas como el zoom están predispuestas, por lo que se pierde la precisión del control

4.3.3. Impetux

Es un fabricante y proveedor mundial de sistemas para pinzas ópticas diseñadas para estudios de mecanobiología en células vivas y tejidos en 3D. Dentro de sus principales usos está la manipulación y deformación de las células.

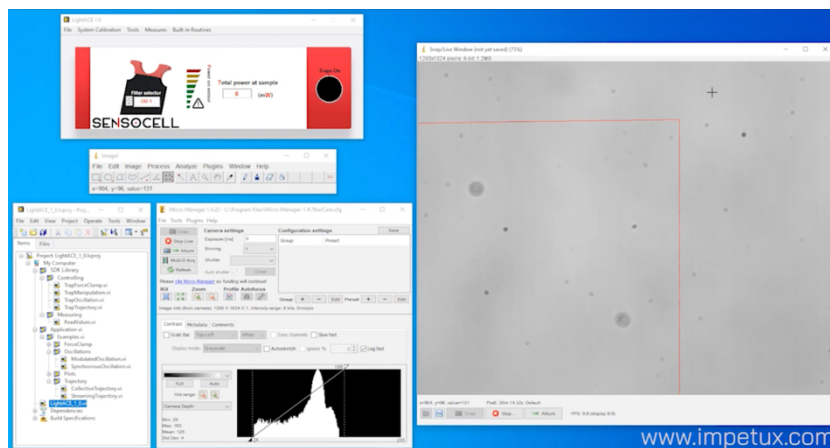


Figura 12. Interfaz gráfica de Sensocell:
<https://www.impetux.com/sensocell-optical-tweezers/>
Impetux.

Pros +

- Cuenta con un módulo de control de proyectos, para retomar el trabajo
- Permite el control de la imagen para ajustar el microscopio y la cámara de acuerdo con las necesidades específicas para la prueba

Cons –

- Los diferentes módulos para los controles y análisis no están integrados entre ellos
- Hay gran cantidad de espacio que no está siendo aprovechado correctamente

4.3.4. Síntesis

Para sintetizar toda la información analizada se creó una tabla de mínimos comunes con valores. Si la interfaz cuenta con la característica, se le suma un punto y se coloca un cuadro negro. Si la interfaz cuenta con la característica, pero no bien desarrollada, se suma medio punto y se coloca un cuadro gris. De esta manera se puede comparar qué interfaz está mejor desarrollada y las características que tienen en común entre ellas.




















Visualización de cámara			
Herramientas accesibles			
Íconos coherentes			
Código de color			
Ubicación			
Jerarquía de elementos			
Menú			
Referencia a elementos físicos			
Capturas recientes			
Herramientas preconfiguradas			
Control de proyectos			
Módulos integrados			
	ThorLabs 5 / 12	Impetux 5 / 12	Elementpi 10.5 / 12

Tabla 1. Mínimos comunes de análisis de referenciales.
Beatriz Vargas.

En este caso la interfaz de Elementpi cuenta con la mayor cantidad de puntos y con características a rescatar como lo es el mapa de ubicación.

4.4. Análisis de tecnologías

La interacción del visitante del museo va a depender de las tecnologías que se ofrezcan en la exhibición, por esto se estudian las mismas y se define qué interacción puede suceder en dónde.

4.4.1. Pantalla táctil

Las pantallas táctiles pueden variar de tamaño, pero los gestos a realizar son los mismos. En la siguiente figura se detallan algunos de los que se pueden realizar con esta tecnología.

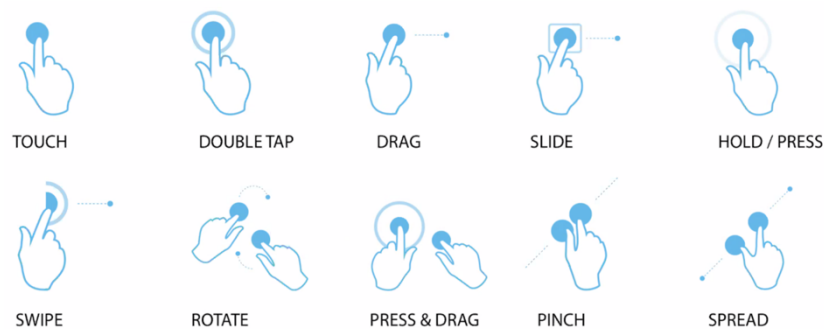


Figura 13. Gestos en pantalla táctil:
https://www.researchgate.net/figure/Most-common-used-touch-gestures-Source-5_fig4_309559139
Vasiliki Nikolakopoulou.

Pros +

- Gestos intuitivos, especialmente para poblaciones jóvenes

- Gran cantidad de interacciones logradas en un mismo punto
- Tiene una baja curva de aprendizaje

Cons –

- La información está limitada por el tamaño de la misma
- Solo un visitante puede interactuar a la vez

4.4.2. Joystick

El joystick es una herramienta que se ha utilizado en su gran mayoría para juegos y permite un uso rápido, sencillo y cómodo.



Figura 14. Uso del joystick:
<https://www.bakkerelkhuizen.es/ratones/anir-mouse/>
Bakker Elkhuijzen.

Pros +

- Aumenta el sentimiento lúdico de la exhibición
- Permite precisión durante su uso
- Movimientos intuitivos junto con la interfaz gráfica
- Permite controlar el movimiento en un solo punto y con una sola mano

Cons –

- Cuenta con una curva de aprendizaje para algunos usuarios

4.4.3. Mouse

El mouse es generalmente utilizado para el uso de computadoras y permite gestos como el click y el scroll. A pesar de solo tener dos gestos, estos se despliegan en más como doble click, click derecho e izquierdo, entre otros.



Figura 15. Gestos en mouse:
<http://www.itechnews.net/2009/10/21/apple-magic-mouse-the-worlds-first-multi-touch-mouse/>
Kelvin Sze.

Pros +

- Permite trabajar con precisión
- Cuenta con una baja curva de aprendizaje

Cons –

- Pierde el aspecto lúdico y llamativo
- Requiere que el usuario esté sentado para un uso ergonómico adecuado

4.4.3. Síntesis

Se utiliza el mismo sistema anterior y se mantiene a lo largo de los análisis.

Precisión en el uso			
Baja curva de aprendizaje			
Múltiples gestos			
Lúdico – Invitador			
Uso sentado			
Uso de pie			
Gestos intuitivos			
	Pantalla táctil 5.5 / 7	Mouse 4.5 / 7	Joystick 5 / 7

Tabla 2. Mínimos comunes de análisis de tecnologías.
Beatriz Vargas.

En este caso se decide trabajar con la pantalla táctil y el joystick en conjunto, ya que la mezcla de un elemento tangible junto con la pantalla permite aumentar el valor de la exhibición y la interacción del visitante.

4.5. Análisis de referenciales

Con el fin de generar la exhibición en su totalidad, se analizan varias exhibiciones en museos y algunas de las que forman parte del portafolio de 17K. Se busca entender el tipo de exhibición, la interacción que ofrece y la información.

4.5.1. Crime Lab

Diseñado por Creo Industrial Arts



Figura 16. Exhibición de perfilamiento de ADN:
<https://themobmuseum.org/exhibits/crime-lab/>
The Mob Museum.

Exhibición

The Mob Museum cuenta con un espacio en donde la misión es promover la comprensión pública de la historia del crimen organizado y su impacto en la sociedad americana.

Interacción y tecnología

El Laboratorio de Criminalística ofrece a los invitados una exploración práctica de las técnicas forenses de la vida real en la que se pueden realizar actividades interactivas mientras se aprende sobre varios métodos de investigación criminal forense, dirigidas por un facilitador del Museo.

Las actividades son individuales y se llevan a cabo con elementos mixtos: una pantalla táctil y un microscopio de comparación. Los visitantes pueden examinar su propia huella dactilar durante la interacción para llevar a cabo el proceso.

Información

En esta estación el usuario navega la información por medio de la interfaz digital. Esta lo lleva por el proceso y le permite acceder a los pasos que debe de completar para lograr el proceso de examinación de una huella dactilar.

4.5.2. Electro Microscope



Figura 17. Exhibición sobre el microscopio de electrones:
<https://www.deutsches-museum.de/en/exhibitions/natural-sciences/new-technologies/electron-microscope/>
Deutsches Museum.

Exhibición

El museo Auf/zu neuen Welten permite a los visitantes ver el fascinante mundo del microcosmos. Las preparaciones de diapositivas de los insectos permiten estudiar las estructuras detalladas de las patas y las alas, los ojos, las antenas y las partes de la boca.

Interacción y tecnología

La dinámica de la exhibición es una demostración guiada grupal. Esto quiere decir que los visitantes se unen y un profesional va completando el proceso y explicándoselo al grupo entero, permitiendo así gran cantidad de detalle y un acercamiento al equipo profesional. No hay intervención de parte de los visitantes hasta el resultado donde ellos pueden observar con mayor detalle.

Información

Los visitantes aprenden sobre las técnicas especiales de preparación necesarias para el uso del microscopio, además de la información sobre los insectos y sus partes

4.5.3. Nature Lab



Figura 18. Exhibición del laboratorio natural:
<https://nhm.org/experience-nhm/exhibitions-natural-history-museum/nature-lab>
Natural History Museum L.A.

Exhibición

El museo natural de historia en Los Ángeles cuenta con una zona de descubrimiento. Este es un espacio enfocado para niños, en donde crean un

laboratorio enorme y les permite utilizar las herramientas de los científicos con sus propias manos para descubrir los animales que los rodean en L.A. El laboratorio les permite descubrir sobre esos temas que les resultan más interesantes.

Interacción y tecnología

La exhibición del laboratorio es un espacio abierto compuesto por diferentes módulos o puntos de interacción. Cada uno de estos puntos trata sobre un animal o insecto diferente. Algunos cuentan con lupas, información escrita e inclusive algunos están acompañados por científicos para brindar más información, como es el caso con los microscopios. Así le permiten al visitante escoger el insecto que quieren ver en el microscopio para ayudarlo a colocarlo y devolverlo una vez finalizada la interacción. Siendo esto último de gran importancia, ya que algunos de los insectos están vivos.

Información

Los visitantes descubren los animales e insectos que los rodean en su ciudad. Además, aprenden sobre su anatomía, su estilo de vida y experimentan el mundo desde su perspectiva. Por ejemplo, el laboratorio cuenta con un espejo de calor, el cual les permite observarse a sí mismos como los vería una serpiente cascabel.

4.5.4. Bosch Thermotechnik House



Figura 19. Modelo de cada termo técnica de Bosch:
<https://www.17k.de/projekt/bosch-thermotechnik-modellhaus/17K>.

Exhibición

La exposición trata sobre la línea Thermotechnik de Bosch, la cual ofrece productos de calefacción que funcionan con energía limpia. Para mostrarlos se desarrollaron varios escenarios que integran los objetos físicos para representar su uso real.

Interacción y tecnología

Thermotechnik House cuenta con una casa de plexiglás acompañada por una pantalla y dentro de la casa hay modelos 3D de Bosch Thermotechnik. También, hay cuatro botones físicos que le permiten al usuario activar diferentes configuraciones de los productos y visualizar el escenario que generan. Dado que esta interacción combina objetos físicos y digitales, el dinamismo es fundamental para que la información circule de un medio al siguiente.

Información

El visitante aprende sobre los productos de Bosch y el impacto que estos tienen al ser utilizados. Para

lograr que esta combinación de objetos reales y escenarios digitales funcione se trabajaron animaciones dinámicas.

4.5.5. Bosch Configurator Table



Figura 20. Tabla de configuración de Bosch:
<https://www.17k.de/projekt/bosch-konfiguratortisch/>
17K.

Exhibición

La mesa configuradora es una instalación interactiva para controlar la página web Effizienzhaus-Online de Bosch Thermotechnik GmbH. La página web permite a los constructores y propietarios calcular la demanda energética y las posibilidades de renovación de su casa.

Interacción y tecnología

Para lograr la transferencia de información entre las configuraciones seleccionadas por el usuario y el sitio web, se utilizaron ubicaron sensores debajo de la mesa para que no fueran percibibles. De este modo, se da la conexión constante con el producto. Además, el personal de la feria ofrecía el apoyo de configurar la mejor solución para el visitante. Una vez seleccionada la configuración se crean

complejos cálculos basados en los parámetros para visualizar solución.

Información

Usualmente es difícil promocionar este producto únicamente por un medio digital en ferias y eventos. Por ello, se diseñó una instalación que atrae a los visitantes con su presencia y hace el tema comprensible a través de su concepto de funcionamiento físico.

4.5.6. Avaos



Figura 21. Prototipo interactivo de sistema de manejo:
<https://www.17k.de/projekt/avaos/>
17K.

Exhibición

Cada vez los smartphones y los carros se encuentran más conectados, a pesar de las diferentes disponibles en ambos sistemas. Avaos es un prototipo modular de información que busca ofrecer al usuario las mismas posibilidades dentro de su sistema de entretenimiento del carro que en sus aplicaciones de smartphone. A pesar de no ser una exhibición, Avaos ofrece un espacio de referencia importante en las demás áreas.

Interacción y tecnología

El hardware consiste en una pantalla y una superficie cuadrículada multitáctil, la cual ofrece retroalimentación háptica. El software que desarrollamos divide la interfaz de usuario en widgets, permitiéndole así correr varios widgets en paralelo y poder utilizarlas sin retraso alguno al cambiar de una a otra.

Información

En este sistema se muestran pequeñas aplicaciones como el calendario, la hora, el tiempo o los canales de noticias de redes sociales. El usuario puede organizar estos módulos de las aplicaciones en la pantalla según sus deseos. Para el prototipo, se implementaron algunas aplicaciones seleccionadas como ejemplos.

4.5.7. Síntesis de referenciales






































Pantalla al lado						
Pantalla frente/detrás						
Tokens intercambiables						
TUI fijo						
Dinámica entre interfaces						
Experiencia a pasos						
Contexto impreso						
Contexto digital						
Elemento memorable						
Feedback háptico TUI						
Feedback sonoro UI						
	C.L. 7 / 11	E.M. 2 / 11	N.L. 4.5 / 11	B.T.H. 4.5 / 11	B.C.T. 6.5 / 11	Avaos 8 / 11

Tabla 3. Mínimos comunes de análisis de referenciales.
Beatriz Vargas.

En la tabla anterior se puede observar como los referentes seleccionados tienen, en su mayoría, una sección más desarrollada. De igual manera se pueden observar tendencias a mantener el elemento tangible principal en una ubicación fija, que haya una dinámica entre la interfaz digital y la tangible para conectar la información, en minimizar los puntos informativos y no incluir texto impreso, entre otros.

Por otro lado, tendencias como colocar la pantalla al lado va a depender más de la interacción específica en la exhibición. Otra gran ventaja, es que se observa como hay espacio para hacer que la experiencia sea única aprovechando el feedback háptico y sonoro.

4.6. Síntesis de investigación y análisis

- Es de un tema complejo de explicar, por lo que es de vital importancia delimitar los temas a tratar, permitiendo que la experiencia contenga la información clara y necesaria. En este caso la exhibición se enfoca en que el visitante pueda cumplir las tareas de enfocar el láser y atrapar una molécula.
- Para mejorar la experiencia se debe de contar con una interfaz integrada, en dónde se muestra al visitante la información sobre su muestra y se ubiquen los controles digitales. También, cuenta con los parlantes para dar feedback sonoro al atrapar/soltar una molécula y activar/desactivar herramientas.
- Con el fin de tener una baja curva de aprendizaje y aumentar el aspecto lúdico de la misma, el joystick se va a utilizar como medio de desplazamiento en el eje X y Y únicamente. Además, va a generar vibraciones para indicar cuando una molécula entra o sale de la trampa óptica.
- Por medio de luces en la instalación se busca crear un dinamismo entre la pantalla y las pinzas ópticas para presentar la herramienta al visitante.

5. Desarrollo de propuestas

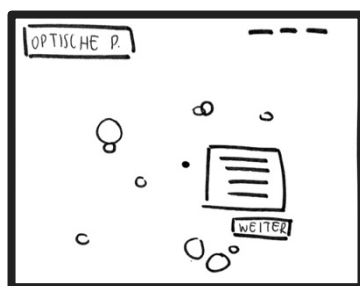
Una vez claras las necesidades de la exhibición y cómo van a trabajarse, se procede a generar propuestas de conceptos y sus posibles soluciones en la interfaz.

5.1. Conceptos desarrollados

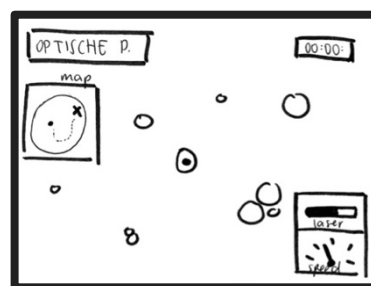
El primer paso por definir es la interacción que se va a ofrecer al visitante. Para esto se generan variantes cubriendo los temas ya delimitados. Todos los conceptos por desarrollar van a estar englobados bajo el concepto lúdico. Esto quiere decir que todos van a contener la idea de aprender haciendo como base y van a contener variaciones en cómo aplicar este nuevo conocimiento.

5.1.1. Gaming

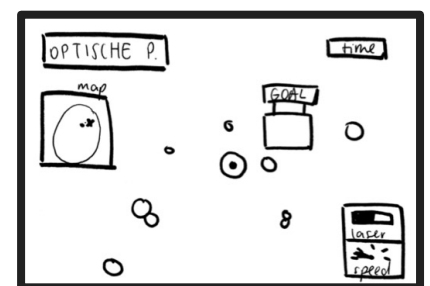
Con este concepto el usuario aprende a capturar moléculas por medio de un tutorial de paso a paso. Una vez completado se le explica su nuevo objetivo, el cual está contenido dentro de un juego en donde debe reposicionar la molécula lo más rápido posible a una ubicación dada. Al intentar completar el objetivo el usuario se familiariza con la herramienta y cómo controlarla.



1. Tutorial paso a paso: aquí el usuario aprenderá a controlar las pinzas: cómo atrapar la molécula, cómo moverse, cómo ajustar la velocidad y cómo utilizar el láser. Una vez completado un paso, el usuario hará clic en siguiente y seguirá adelante.



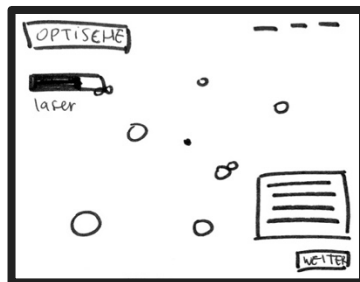
2. El juego: el usuario tiene un objetivo: llegar al destino final sin chocar con otras moléculas. Aquí se tomará el tiempo para completar el juego y el usuario pondrá a prueba los conocimientos que acaba de aprender.



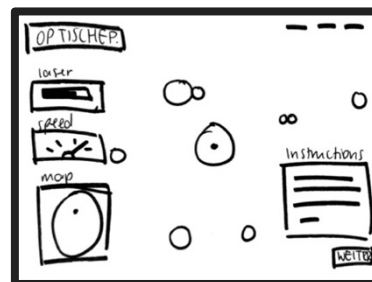
3. El objetivo: una vez alcanzado el objetivo, aparecerán las puntuaciones y el usuario podrá comparar la suya con las de los demás visitantes y, tal vez, volver a intentar mejorar su récord.

5.1.2. Experimento

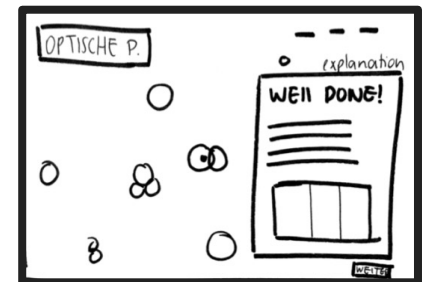
Este concepto le da al usuario la oportunidad de sentirse como un verdadero científico. Explica paso a paso lo que hay que hacer, guía al usuario en su primera trampa óptica y explica el contexto para el que se utilizan las pinzas ópticas por los científicos.



1. Tutorial: aquí el usuario aprenderá básicamente a controlar las pinzas: cómo atrapar la molécula y con qué parámetros se hace. Una vez completado un paso, el usuario hará clic en siguiente, hasta completarlo



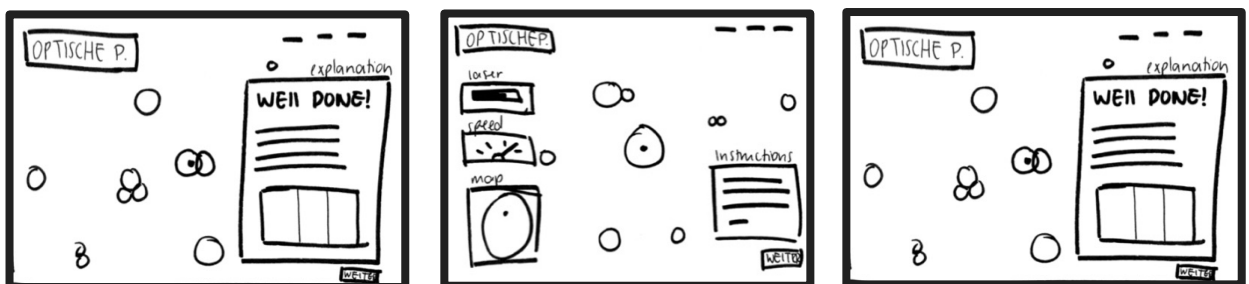
2. El experimento: luego obtendrá recomendaciones como "acércate a otra molécula" y "ahora inténtalo con una menor potencia". Así el usuario podrá comparar resultados y aprender a mayor profundidad el uso de la herramienta.



3. Explicación: una vez finalizado el experimento se dará una breve explicación sobre lo que acaba de ocurrir y para qué se utiliza. De este modo, el usuario puede conocer sobre las aplicaciones de las pinzas ópticas.

5.1.3. Creativo

El concepto creativo está basado en la libertad del visitante en el museo. Le permite aprender el uso de las herramientas por medio de un tutorial, sin embargo, una vez terminado el usuario queda en total libertad de reubicar cuántas moléculas desee. Cuando se encuentre satisfecho con la ubicación de sus moléculas, pueden tomar un screenshot y compartírselo por correo.



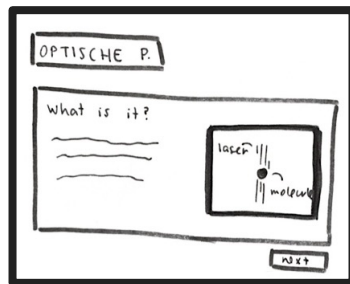
1. Tutorial: aquí el usuario aprenderá básicamente a controlar las pinzas: cómo atrapar la molécula y con qué parámetros se hace. Una vez completado un paso, el usuario hará clic en siguiente, hasta completarlo.

2. Espacio libre: una vez que el usuario ha aprendido a manejar las pinzas ópticas, puede tomarse su tiempo para reubicar las mismas a su preferencia.

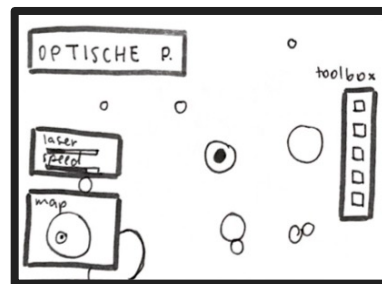
3. Compartir: finalmente, cuando ha logrado una composición de su agrado, puede insertar su correo electrónico y compartirse la imagen. Así le quedará el recuerdo de su visita y de lo aprendido durante su interacción.

5.1.4. Laboratorio

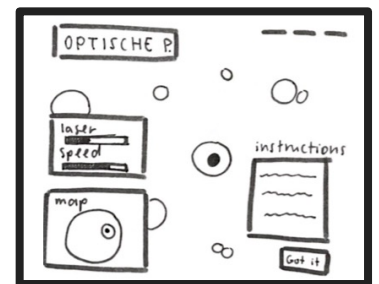
El visitante recibirá las nociones básicas para aprender cómo funcionan las pinzas ópticas con un pequeño tutorial paso a paso. Una vez completado el tutorial, el visitante tendrá la oportunidad de probar los diferentes parámetros y aprender cómo el ajuste de estos afecta a las moléculas.



1. Pantalla inicial: se dará una pequeña explicación sobre el funcionamiento de las pinzas explicando cómo se logra la trampa óptica. Esto se hará a través de imágenes o pequeñas animaciones. Se explicará el funcionamiento del láser, el cual es similar a una fuerza magnética que atrae objetos.



2. Tutorial: aquí el visitante aprenderá a controlar las pinzas. Una vez completado un paso, como encender el láser, la interfaz sabrá y mostrará el siguiente paso. Este tutorial servirá de guía mientras el visitante controla las pinzas por primera vez, permitiendo que el proceso de aprendizaje sea más dinámico.



3. Experimentando: aquí el visitante experimentará libremente y podrá observar lo que ocurre. Ahora que el visitante entiende la herramienta, también se pueden dar mensajes de recomendación posibles acciones a tomar.

5.1.5. Evaluación de conceptos

Eje x				
Eje y				
Eje z				
Láser on/ off				
Fuerza láser				
Ajuste de velocidad				
Reubicación exacta				
Precisión alta				
Usa 2+ moléculas				
Tiene un objetivo				
Feedback háptico				
Feedback sonoro				
Modos de movimiento				
LED on/ off				
Intensidad del LED				
Medir distancias				
Timestamp				
Marcar moléculas				
Tamaño de molécula				
Repetir tareas				
Atracción de moléculas				
	Gaming 17 / 20	Experimento 11 / 20	Creativo 9 / 20	Laboratorio 16 / 20

Tabla 4. Evaluación de conceptos.
Beatriz Vargas.

Se realizó una tabla que contiene todos los parámetros de control de las pinzas ópticas y se evaluó cuántos de estos serían utilizados por el usuario en cada concepto. Se puede observar como los dos conceptos más similares de Gaming y Laboratorio obtienen los mayores puntajes y con solo un punto de diferencia entre ellos. Es

importante recalcar que estos parámetros por aprender van a estar presentes en los conceptos tanto directa como indirectamente. El objetivo es lograr mostrarlos lo más simplificados posible y aumentar la transferencia de información para los diferentes usuarios.

5.2. Selección de propuesta

Ambos conceptos ganadores fueron enviadas al cliente para la selección final. El cliente agregó información sobre el contexto en donde va a estar ubicada la exhibición y los intereses de parte del museo en esta instalación. Tomando en cuenta esto, seleccionó un concepto y comentó sobre posibles mejoras.

5.2.1. Contexto de exhibición

El cliente brindó la información de en dónde está ubicada la instalación dentro de su área de espacio y tiempo. Explicó que para la mayoría de los visitantes va a ser de las últimas estaciones a interactuar con debido al flujo del museo. Lo que genera gran importancia a que las pinzas ópticas ofrezcan una interacción sencilla, intuitiva y llamativa, logrando mantener el interés de los visitantes a lo largo de esta área sin abrumarlos.

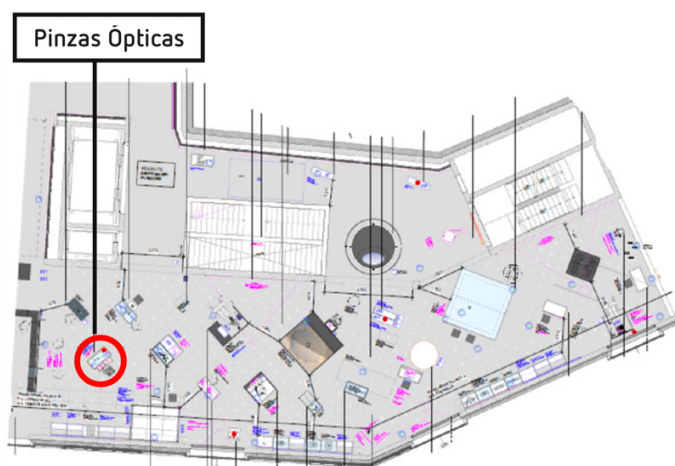


Figura 22. Mapa del área de Espacio y Tiempo de DMN:
Planos para las pinzas ópticas.
DMN.

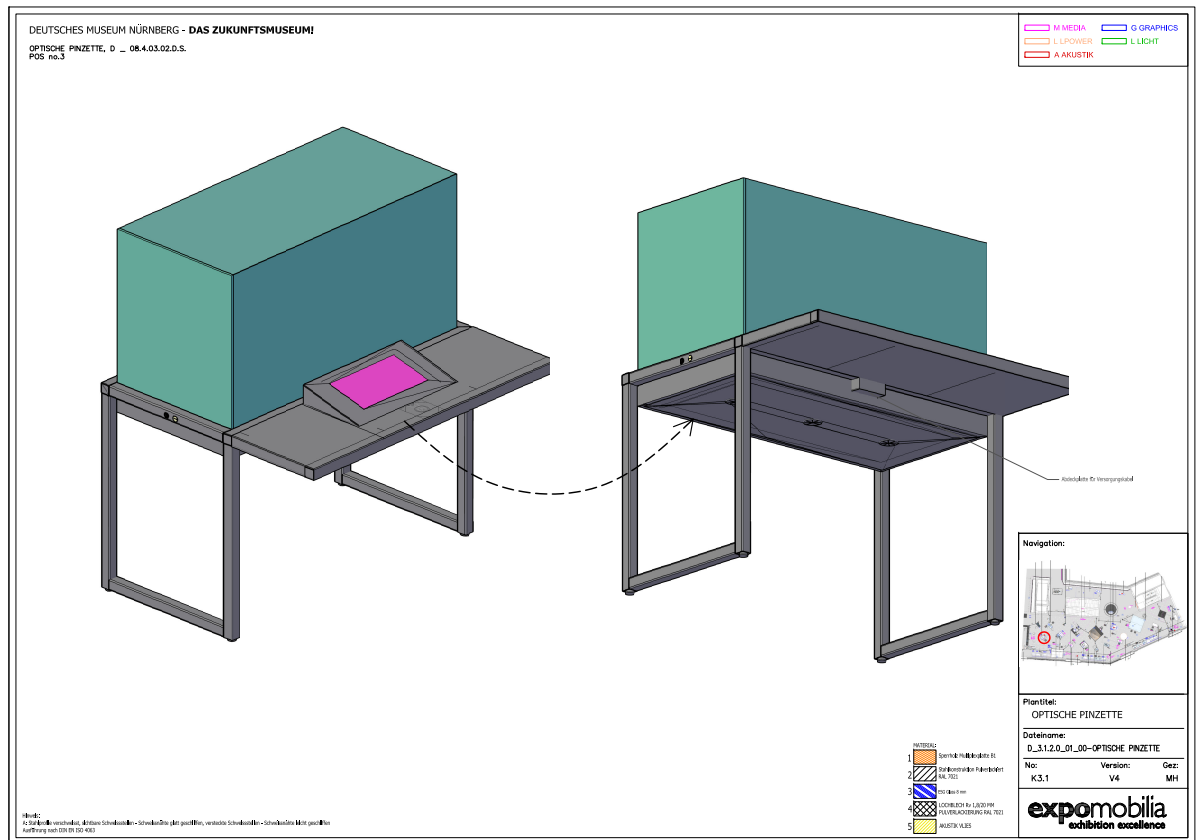


Figura 23. Concepto de la exhibición:
Planos para las pinzas ópticas.
DMN.

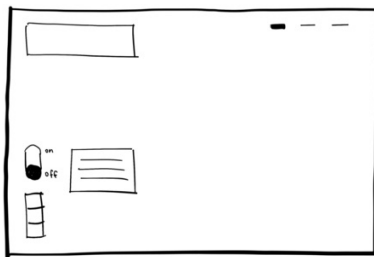
Además, el cliente entregó el concepto para la instalación desarrollado que cumple con las necesidades para los cuidados de las pinzas ópticas. También incluye una propuesta para la ubicación de la pantalla y el joystick a utilizar durante la interacción.

5.2.2. Selección del concepto

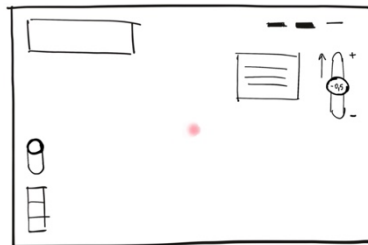
Se selecciona el concepto de Gaming. Para el cliente es importante que el usuario aprenda el manejo de las pinzas ópticas, por lo que ve muy adecuado el uso de un tutorial paso a paso. Sin embargo, el usuario no debería estar limitado en su interacción luego de completar el flujo. Por este motivo, al finalizar el juego, se agrega la opción de poder volverlo a intentar y así mejorar la habilidad de manejo de las pinzas ópticas.

5.2.3. Lo-fi wireframes del tutorial

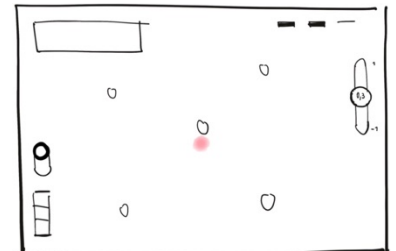
Posteriormente se desarrollaron nuevos lo-fi wireframes detallando el proceso a llevar a cabo para el tutorial. La cantidad de pasos y su orden, basándose tanto en el análisis del contenido, como en simplificar los pasos para hacerlos lo más intuitivos posible. Además de un primer acercamiento a las herramientas a usar.



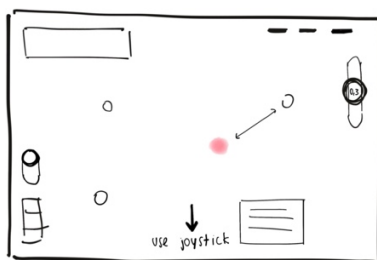
1. Encender el láser: se decide utilizar un switch y acompañarlo de instrucciones que aparecerán junto al mismo.



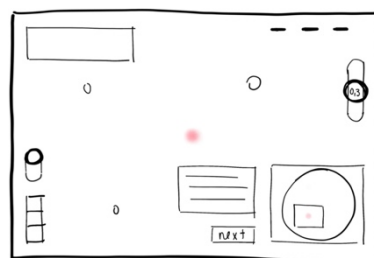
2. Enfocar las moléculas: al tratarse de un desplazamiento en el eje z, se busca que la herramienta lo refleje por medio de un slider, mostrando sus límites.



3. Enfocar las moléculas: al interactuar con la herramienta, el programa lo reconoce y las instrucciones desaparecen.



4. Atrapamiento óptico: por medio de las instrucciones se invita al usuario a utilizar el objeto tangible para desplazarse.



5. Mapa: por último, el usuario es presentado con un mapa en donde confirma su desplazamiento y podrá ubicar su objetivo en el juego posteriormente.

5.2.4. Exhibición

Consecuentemente, con el concepto recibido de la instalación, se pudieron observar ciertas fallas en las alturas y el posicionamiento de los objetos. Por este motivo, se generaron sketches con puntos importantes a rescatar dentro de esta.



Figura 24. Alturas de los objetos en la instalación.
Beatriz Vargas.

Lo que se busca por medio de este concepto es generar, por medio de diferentes niveles, una jerarquía de información coherente con el tema de la instalación. En este caso, la protagonista son las pinzas ópticas, por lo que se encuentran a una altura mayor con el nivel de la vista. Luego, en un ángulo de se encontraría la pantalla y por último al alcance de las manos el joystick para interactuar.

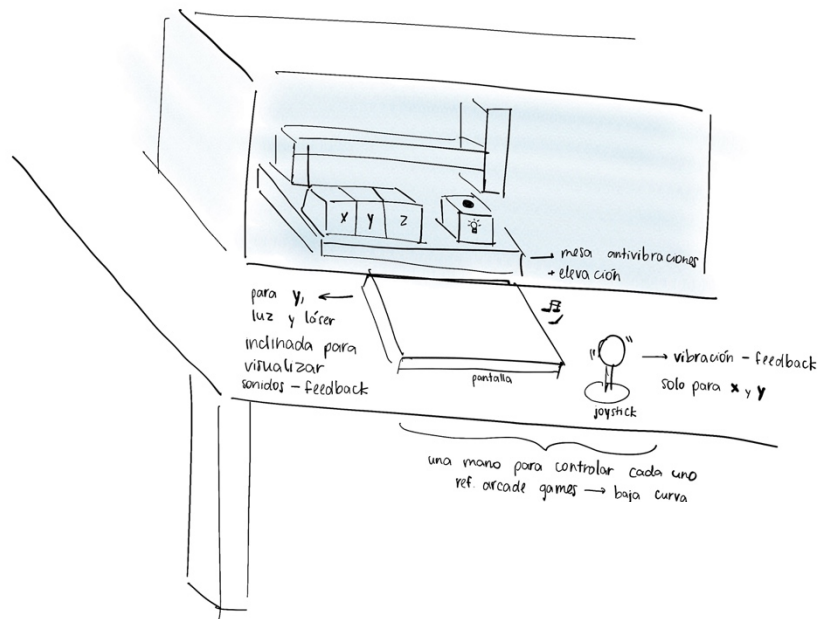


Figura 25. Información en cada elemento.
Beatriz Vargas.

Con los niveles de información claros, también se hizo un sketch con la información que contiene y comunica cada objeto. Mostrando como el feedback sonoro proviene de la pantalla, y por medio de esta se controla el eje "z", la luz y el láser. Por otro lado, el joystick va a ofrecer feedback háptico por medio de vibraciones y solo controla los ejes "x" y "y". De este modo se hace referencia al uso de los joysticks en los Arcade Centers, lo que nos permite una baja curva de aprendizaje, intuitividad y aumenta el aspecto lúdico de la exhibición.

5.3. Alternativas UI

Ya con el tutorial trabajado de forma análoga y claro, se comienzan a trabajar las herramientas de la interfaz, se les asigna el título, ícono y se realizan variaciones. Además, se trabajan sus posibles ubicaciones dentro de la interfaz. Es importante recalcar, que para este momento se utilizan los tamaños, tipografías y colores definidos por el sistema de diseño generado para DMN y el área de espacio y tiempo. Además, de que los elementos se muestran en inglés, ya que es el idioma en el que se desarrollaron para el cliente.

5.3.1. Luz

Para este elemento interactivo se mantiene como título luz, ya que es la parte que compone las pinzas ópticas y por medio de esta el brillo de la pantalla se ve afectado. Además, para mantener coherencia con las pinzas ópticas, se decide que este elemento va a funcionar con un porcentaje de 0, mínimo, a 100, máximo. En este caso, se utiliza un componente que se repite en diversas exhibiciones, por lo que no se realizan variaciones.

 **LIGHT**

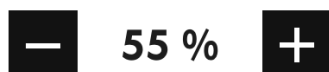


Figura 26. Elemento interactivo luz.
Beatriz Vargas.

5.3.2. Enfoque

Para este elemento interactivo se decide que se va a restringir el rango de desplazamiento en las pinzas ópticas, asegurando así que el paso sea más sencillo y amigable. Se denota 1 nanómetro como la distancia disponible. También, se da un feedback visual de cuando se alcanzó el límite máximo y el mínimo durante el movimiento.

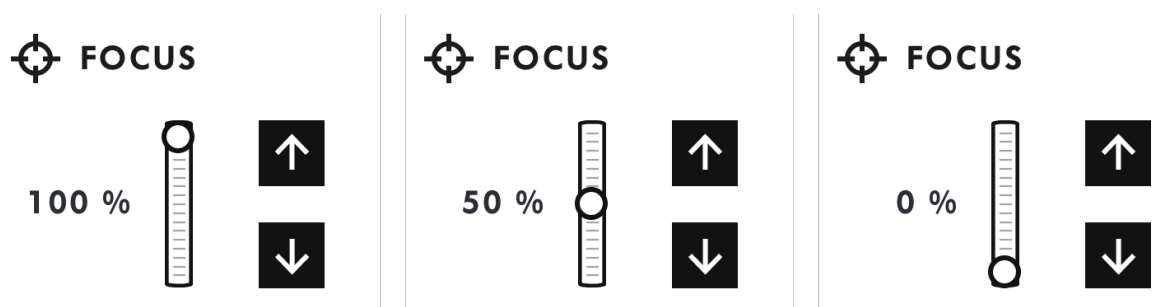


Figura 27. Variación 01 de elemento interactivo enfoque.
Beatriz Vargas.

En la primera variación se utiliza el porcentaje para mostrar los límites de mínimo y máximo, igual que en el elemento luz, manteniendo así la coherencia entre ellos. Sin embargo, se notó que se pierde el sentido de distancia. Además, el feedback visual podría causar confusión al no diferenciarse lo suficiente de los elementos interactivos, por lo que se decide no utilizar esta opción.

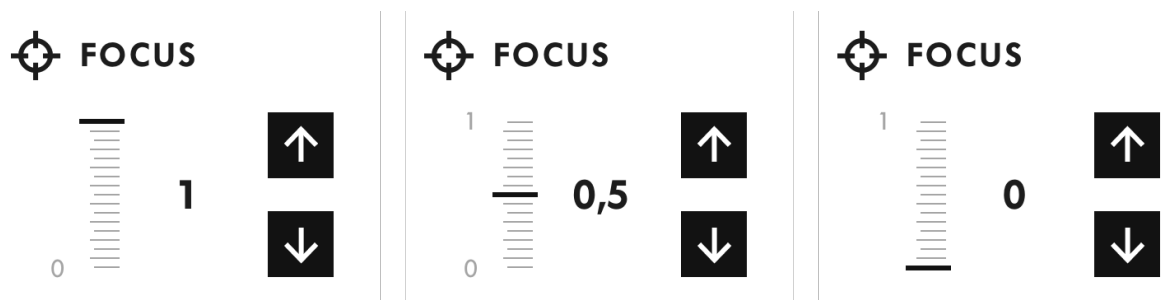


Figura 28. Variación 02 de elemento interactivo enfoque.
Beatriz Vargas.

En la segunda variación, se trabaja con una escala como la de las reglas, para denotar así la distancia y se agrega un elemento lineal con mayor contraste y peso visual, el cual muestra la ubicación en la que se encuentra el usuario. También, se centra la medida de la distancia, con los botones para desplazarse a la derecha y la escala a su izquierda. De esta manera se genera mayor pertenencia entre este elemento y el de luz, al tener pesos visuales más similares. Por estos motivos se decide trabajar con esta variación.

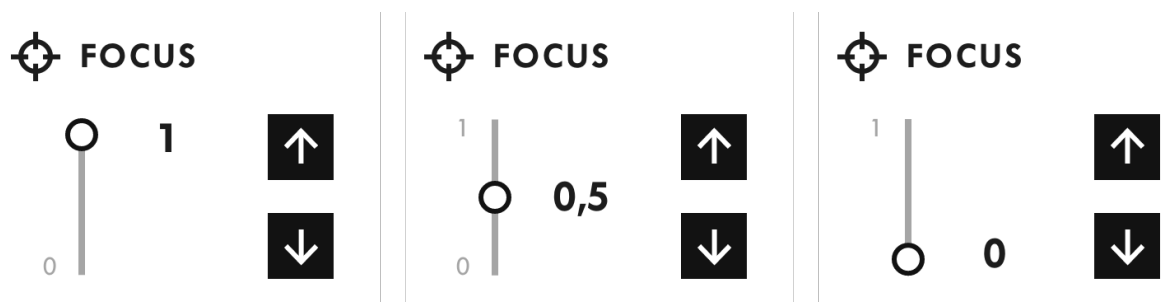


Figura 29. Variación 03 de elemento interactivo enfoque.
Beatriz Vargas.

La tercera variación contaba con el mismo peso visual que la segunda, dándole pertenencia, pero en vez de una escala se utilizó una versión más sencilla del slider, buscando disminuir su apariencia interactiva. También, se agregó una segunda confirmación visual del movimiento, al colocar la dimensión de los nanómetros al lado de la esfera, de modo que ambos se deslizan juntos. Se decide no utilizar esta variación ya que es menos precisa que la segunda y el peso visual de ambos elementos deslizándose es más del necesario y puede causar distracciones no deseadas.

5.3.3. Láser

Con el láser se supo desde de un principio que sus opciones eran utilizar dos botones o un switch que muestren ambos estados de este, encendido y apagado, para generar sus variaciones respectivas.

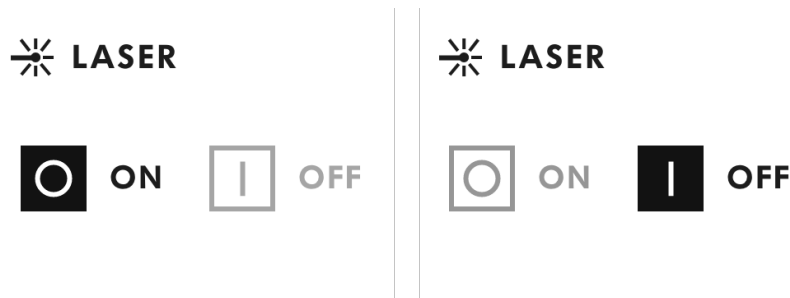


Figura 30. Variación 01 de elemento interactivo láser.
Beatriz Vargas.

En la primera variación de este elemento, se utilizaron los dos botones de encendido y apagado. Se les asignaron los íconos respectivos para cada estado y se respetó el sistema cuadrado de botón. A pesar de que el estado de encendido y apagado queda realmente claro, esta variación podría generar confusión, haciendo al usuario creer que uno de los botones no está disponible. Esto se debe a la restringida gama de colores disponible y se decide no utilizar la variación.

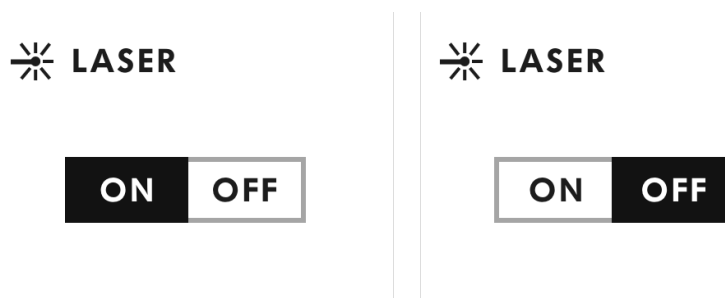


Figura 31. Variación 02 de elemento interactivo láser.
Beatriz Vargas.

La segunda variación es generada a partir de un componente utilizado en el menú base del diseño, el del cambio de idioma. Sin embargo, para mostrar jerarquía, este es colocado de forma horizontal y la palabra del estado inactivo se mantiene en negro, mostrando que esta puede ser presionada y manteniendo así su interactividad. Debido a la coherencia que ofrece esta variación con el sistema

de diseño y la solución que ofrece para mostrar estados de activo e inactivo sin perder su interactividad, se decide utilizarla.

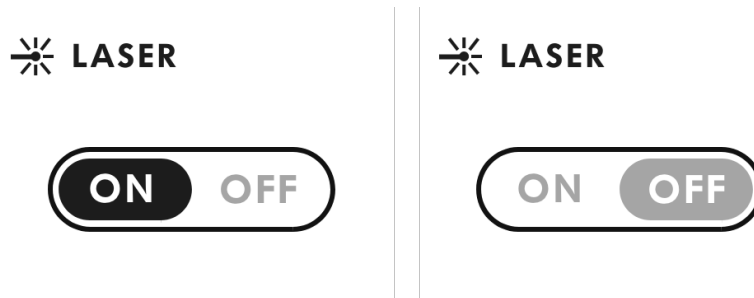


Figura 32. Variación 03 de elemento interactivo láser.
Beatriz Vargas.

La última variación ofrece un switch más común de ver en otras interfaces, con bordes redondeados y la sensación de un botón dentro de este. A pesar de ser un elemento más familiar, no sigue la coherencia cuadrículada del diseño en la interfaz y su estado inactivo se puede confundir con no disponible, por lo que se decide no utilizarlo.

5.3.4. Joystick

Para feedback visual del joystick se genera un elemento no interactivo, en dónde se confirma que lo que el usuario está realizando con el elemento tangible tiene un efecto en la interfaz. Se dan dos velocidades predefinidas, una lenta y una rápida, para la distancia de 1 nanómetro. Para este elemento se utiliza el nombre de movimiento, temporalmente, sin embargo se discute entre las opciones: desplazamiento, posicionamiento y movimiento.

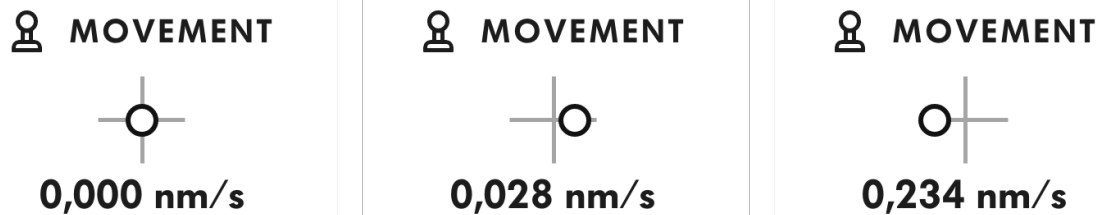


Figura 33. Variación 01 de retroalimentación visual del joystick.
Beatriz Vargas.

Primeramente, se realiza una visualización semejando a la vista desde arriba del joystick. Aquí el usuario sería capaz de ver sus posibles movimientos y cómo dependiendo de la colocación del joystick logra alcanzar diferentes velocidades. El principal problema presente está en el ícono circular que asemeja la forma de la manilla del joystick, el cual por sus bordes no cuenta con la diferenciación necesaria entre este elemento visual con los interactivos. Por este motivo, no se utiliza.

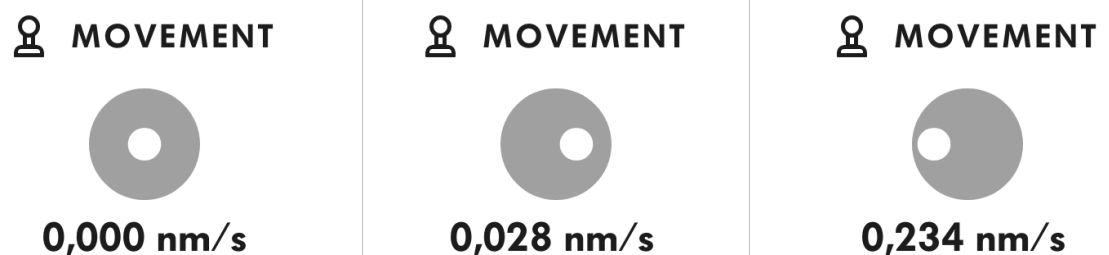


Figura 34. Variación 02 de retroalimentación visual del joystick.
Beatriz Vargas.

La segunda variación nace como respuesta al problema presente en la primera. Para esto, en vez de mostrar la cruz en las direcciones que se puede mover, se utiliza la base circular del joystick en gris y se eliminan los bordes negros del ícono de la manilla. A pesar de ser un acercamiento que se creía iba a solucionar el problema, generó un ícono muy abstracto del joystick y son claridad suficiente

de las diferentes posiciones para la velocidad. Por lo que tampoco se utiliza.



Figura 35. Variación 03 de retroalimentación visual del joystick.
Beatriz Vargas.

En la tercera variación se decide apelar íconos directamente relacionados con el movimiento y la velocidad. Por lo que se utilizan flechas mostrando la dirección y su cantidad se ve afectada por qué tan rápido se desplaza. Debido a su claridad en la información y en ser un elemento únicamente visual, se decide utilizar esta variación.

5.3.5. Posicionamiento

Por último, en la interfaz se agrega el elemento visual del mapa, el cual responde a la forma circular de la prueba y contiene la forma rectangular de la interfaz. Una vez que se tienen todos los elementos se generan variaciones de diferenciación entre cards interactivas y de feedback visual respectivamente. Por legibilidad el texto y las líneas siempre se mantienen en negro, solo las figuras rellenas son de diferente color respectivamente.

Además, se busca que la posición de los elementos en la interfaz sea centrada, permitiendo así que la instalación pueda ser tanto para zurdos como para derechos. Siempre respetando los lineamientos de la cuadrícula y los espacios entre elementos.

Al ubicar las herramientas desarrolladas, se colocaron de izquierda a derecha, en el orden de los pasos del tutorial. Aquí se pudo observar como el paso de ajustar la luz no formaba parte del tutorial inicialmente, ya que no es una forma parte del atrapamiento óptico en sí, pero sí es una herramienta que se desea mostrar. Por esto, se reajustaron los pasos del tutorial con el fin de incluir todas las herramientas.

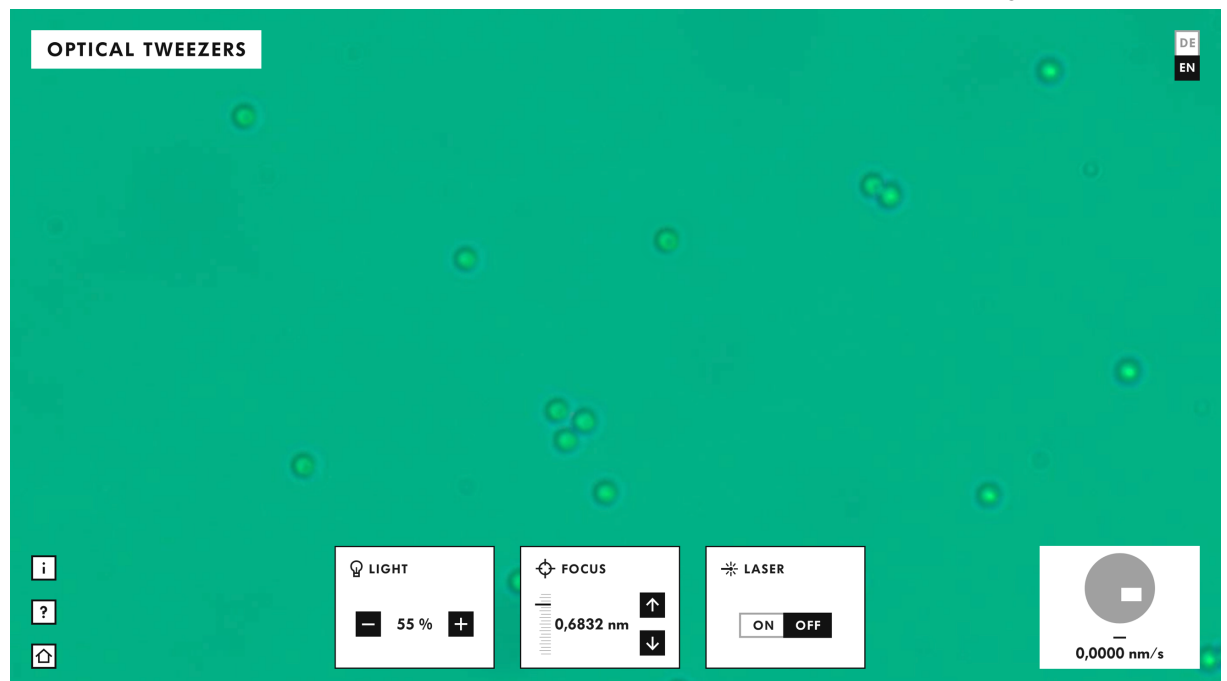


Figura 36. Variación 01 de elementos en interfaz.
Beatriz Vargas.

Inicialmente, se generan 2 tipos de cards, todos del mismo tamaño: los interactivos, con borde negro y sus componentes rellenos de negro y los de retroalimentación visual sin el borde negro y con sus componentes en gris. En este caso, por respetar la misma altura para todos los cards, el mapa y el elemento de movimiento no contienen título, ni ícono. Lo que positivamente genera una mayor diferenciación de los otros elementos, pero también mayor ambigüedad y una curva de aprendizaje innecesaria. Por esto se decide no utilizar esta variación.

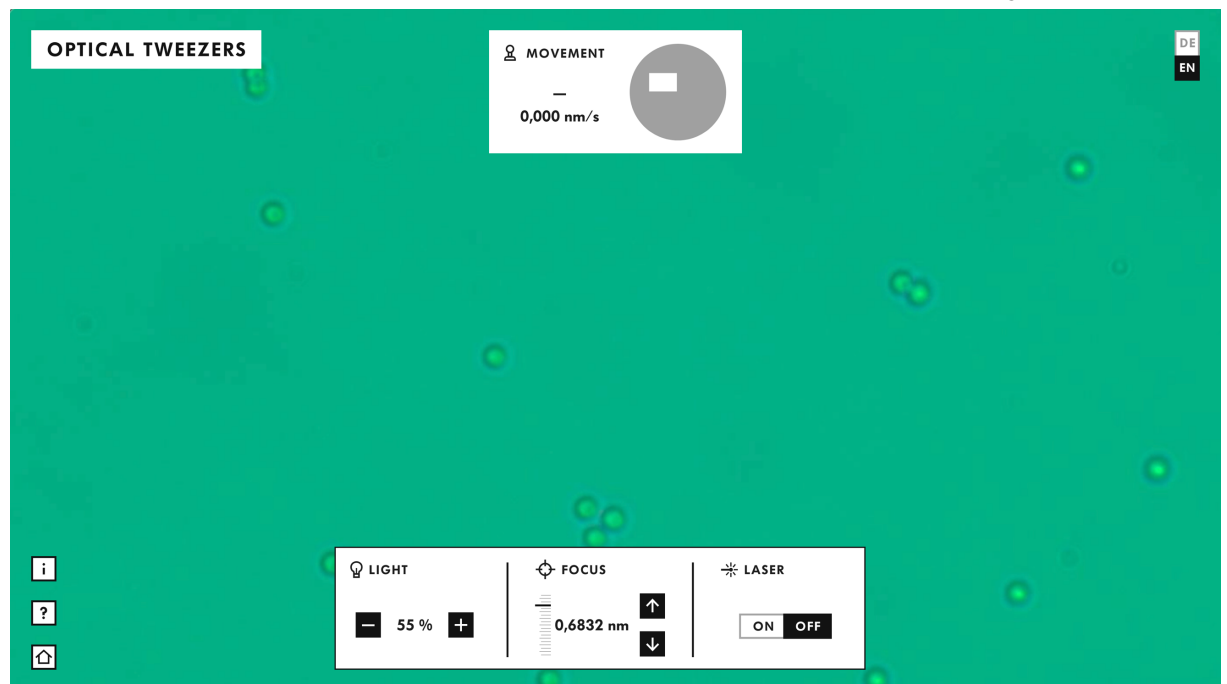


Figura 37. Variación 02 de elementos en interfaz.
Beatriz Vargas.

En la segunda variación se crean dos cards principales, respetando el borde negro para interactividad y sin borde para feedback visual. En este caso se desarrollan de modo horizontal y centradas en la parte superior e inferior de la pantalla. Gracias al mayor espacio, los elementos cuentan con su título respectivo. No obstante, debido a la unión de las herramientas, es necesario agregar divisores entre ellas y la ubicación del feedback del joystick se encuentra completamente opuesto a la ubicación física en la instalación. Por estos motivos, se decide no utilizar esta variación.



Figura 38. Variación 03 de elementos en interfaz.
Beatriz Vargas.

En la tercera variación se vuelven a crear cards separados para cada herramienta interactiva y el feedback visual se mantiene en una sola. A diferencia de las variaciones anteriores, en esta se genera un ícono para cada elemento con su respectivo título, siendo así la opción más clara en contenido y en interactividad por el uso de los colores. Es por estas razones que se selecciona como la interfaz final.

6. Propuesta final

La exhibición de las pinzas ópticas es una instalación que promueve compartir el conocimiento científico con el público general en el Deutsches Museum Nürnberg – DMN. Esto lo logra brindando un acercamiento a la herramienta, ofreciendo un tutorial interactivo para aprender a manejarla y retando al usuario a poner su nuevo conocimiento a prueba contra el reloj por medio de un juego. La interacción se logra por medio de dos puntos de control: una interfaz gráfica y un joystick.

6.1. Experiencia

Para lograr la experiencia completa de las pinzas ópticas, se requiere de un conjunto de elementos que se detallan a continuación y se utilizan dos teorías para su desarrollo.

6.1.1. UX Writing

Esta teoría fue desarrollada por Kinneret Yifrah, fundadora de Nemala, un estudio líder en microcopy ubicado en Israel, y autora del libro *Microcopy: The complete guide*.

Podemos resumir su teoría en que las palabras o frases de una interfaz que están directamente relacionadas con las acciones llevadas a cabo por un usuario. Ella describe esto en 3 niveles:

1. La motivación que precede a una acción.
2. Las instrucciones que guían durante la acción.
3. El feedback recibido tras haber realizado una acción.

Además, se habla de cómo un UX Writing adecuado cuenta con una voz y tono. En este caso se le otorgan los atributos: humana, confiable y motivadora. También, los valores: autonomía, guía y transparencia. Con el objetivo de lograr una interacción clara, confiable y natural para el usuario dentro de la instalación.

6.1.2. Flow Theory

Teoría desarrollada por Mihaly Csikszentmihalyi, psicólogo que dice que la diversión de los juegos viene de aprender técnicas. El estudia el estado de “flow” que usualmente el ser humano alcanza al estar consumido por una actividad y busca describirlo, con el objetivo de provocarlo en el diseño de juegos.

Resumimos tres puntos principales de esta teoría que se utilizar principalmente para el desarrollo del tutorial paso a paso con el que se cuenta:

1. Es necesario ejecutar una acción que requiera de técnica.
2. La acción debe de tener objetivos claros y dar feedback.
3. El resultado no es totalmente conocido, pero es influenciado por las acciones.

6.1.3. Exhibición

En esta se cuenta con la herramienta de las pinzas ópticas protegidas por un cristal, una pantalla táctil de 15”, un joystick de apem hf series y 4 botones. Los botones contienen los mismos íconos que las herramientas en la pantalla y al ser presionados, se ilumina la ubicación de la herramienta directamente en las pinzas ópticas, lo que le permite al usuario poder crear una conexión entre la herramienta aprendida en la pantalla y la herramienta física.

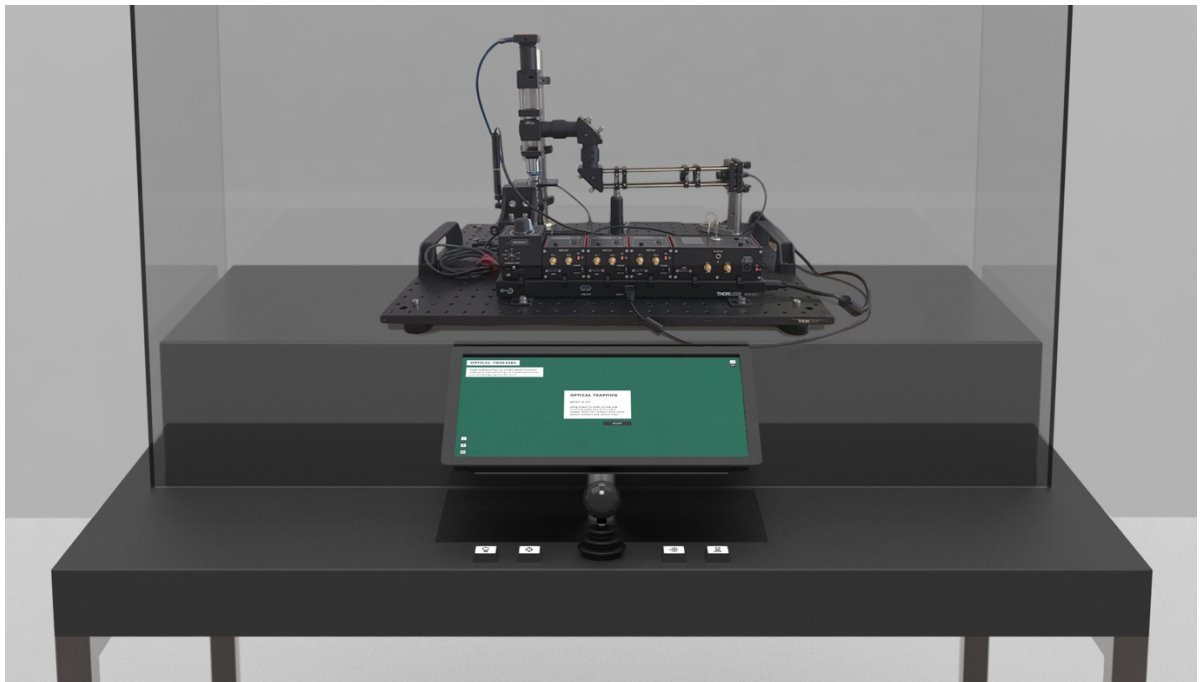


Figura 39. Acercamiento a la exhibición.
Beatriz Vargas.

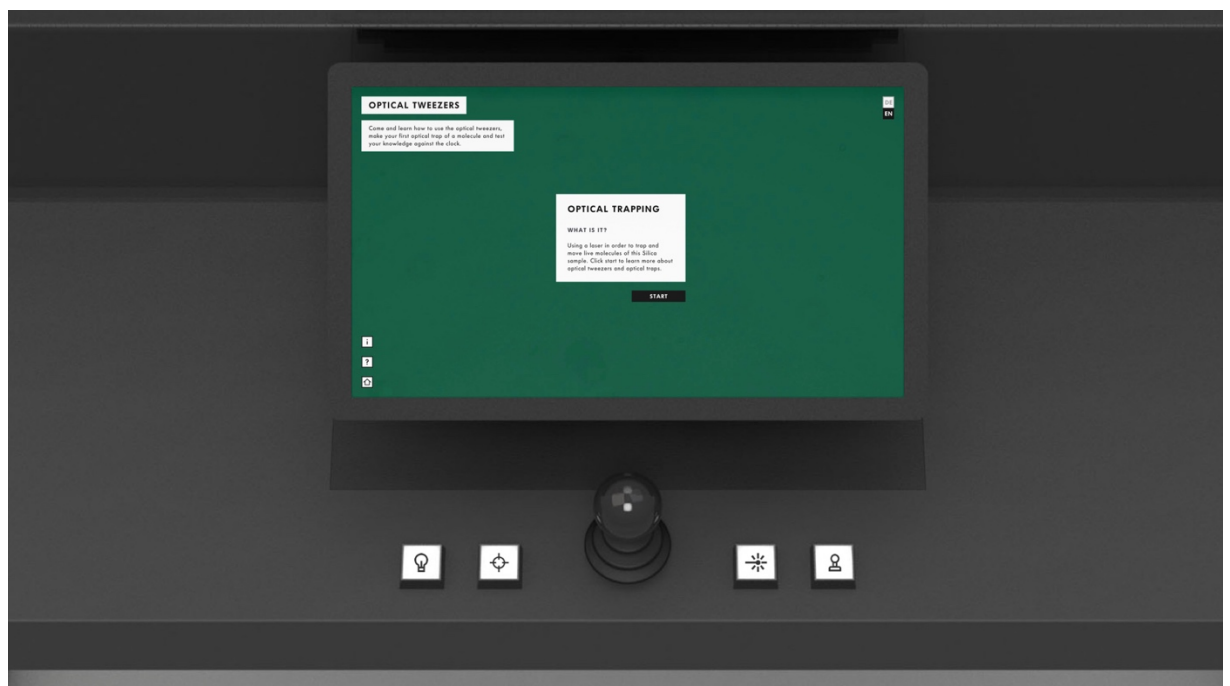


Figura 40. Detalles de la exhibición.
Beatriz Vargas.



Figura 41. Botón de luz presionado en la exhibición.
Beatriz Vargas.



Figura 42. Botón del láser presionado en la exhibición.
Beatriz Vargas.

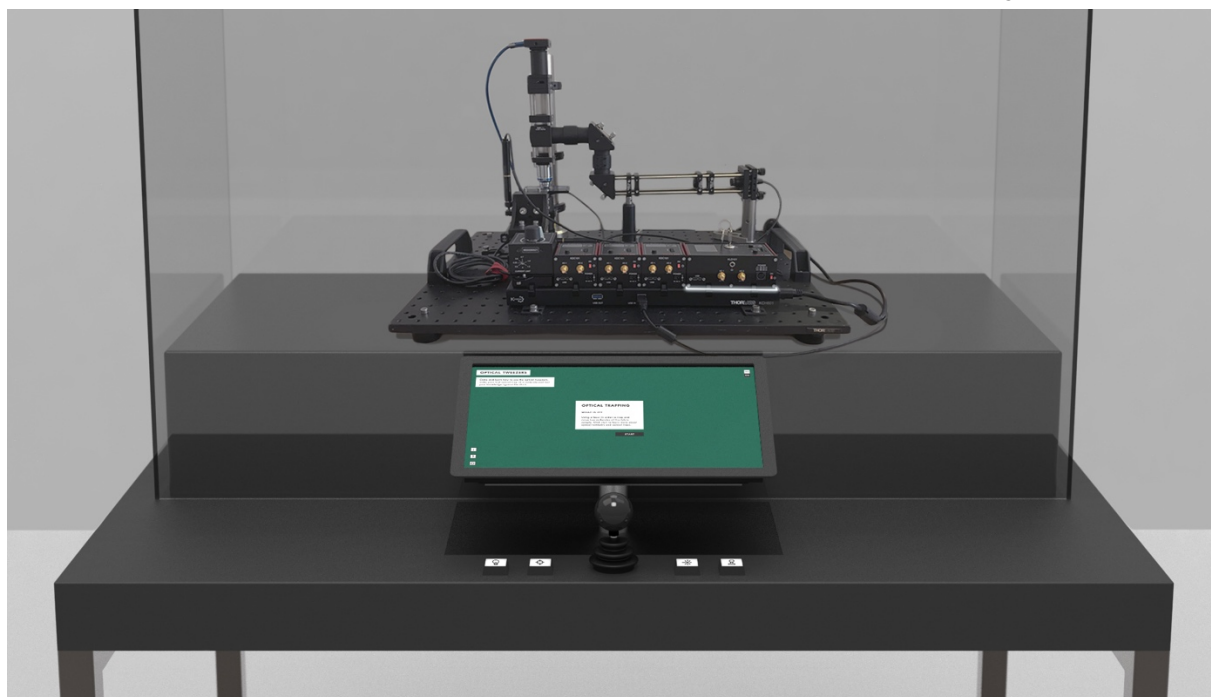


Figura 43. Botón de enfoque presionado en la exhibición.
Beatriz Vargas.

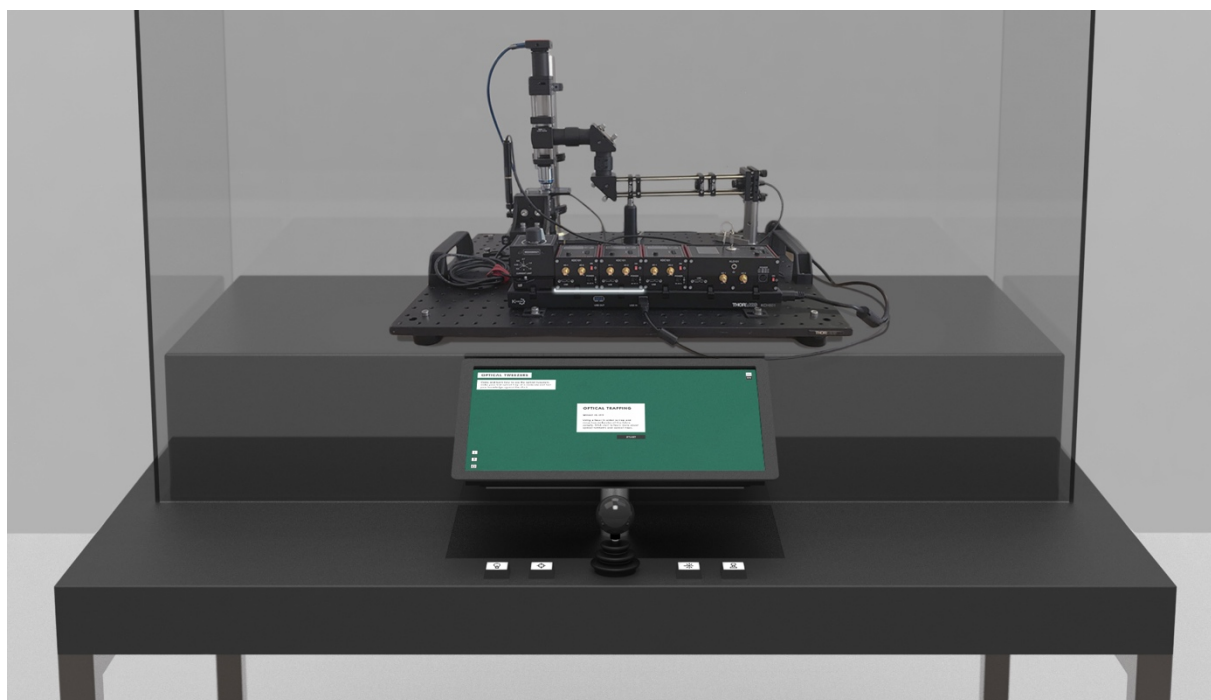


Figura 44. Botón de movimiento presionado en la exhibición
Beatriz Vargas.

6.1.2. Interfaz

A continuación, se muestran varias pantallas finales de la interfaz. En estas se pueden observar los elementos que la componen, las herramientas, algunos mensajes del tutorial y las principales pantallas de todo el flujo de uso desde el principio hasta el final de la interacción.

Los contenidos de las pantallas varían a lo largo de la interacción. Inicialmente se cuenta con un texto descriptivo y un mensaje introduciendo el tema. Una vez iniciado el tutorial se muestran las herramientas y un contador de pasos en la esquina superior derecha. Posteriormente, al estar en el modo de juego, los pasos cambian por un cronómetro y el puntaje.

Finalmente, se muestra la pantalla para colocar las iniciales y la lista de puntajes en donde el usuario puede comparar su ejecución. Aquí, si se desea, el usuario puede volver a jugar para intentar mejorar su puntaje o puede retirarse y la pantalla luego de 40s vuelve al inicio.

También, a lo largo de la interacción se tiene un menú de idioma, información, ayuda y home. A excepción de en el modo de juego, en donde ya no se cuenta con el botón de información, dado que para llegar a este punto el tutorial debió de ser completado.

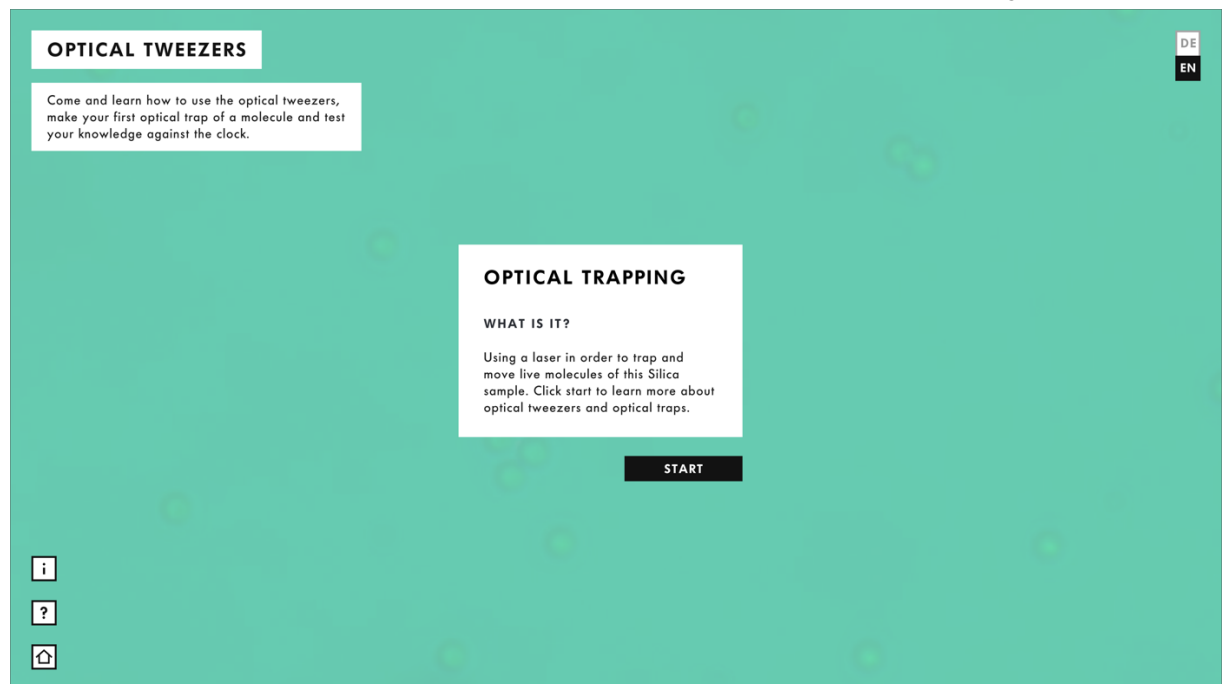


Figura 45. Pantalla de inicio.
Beatriz Vargas.

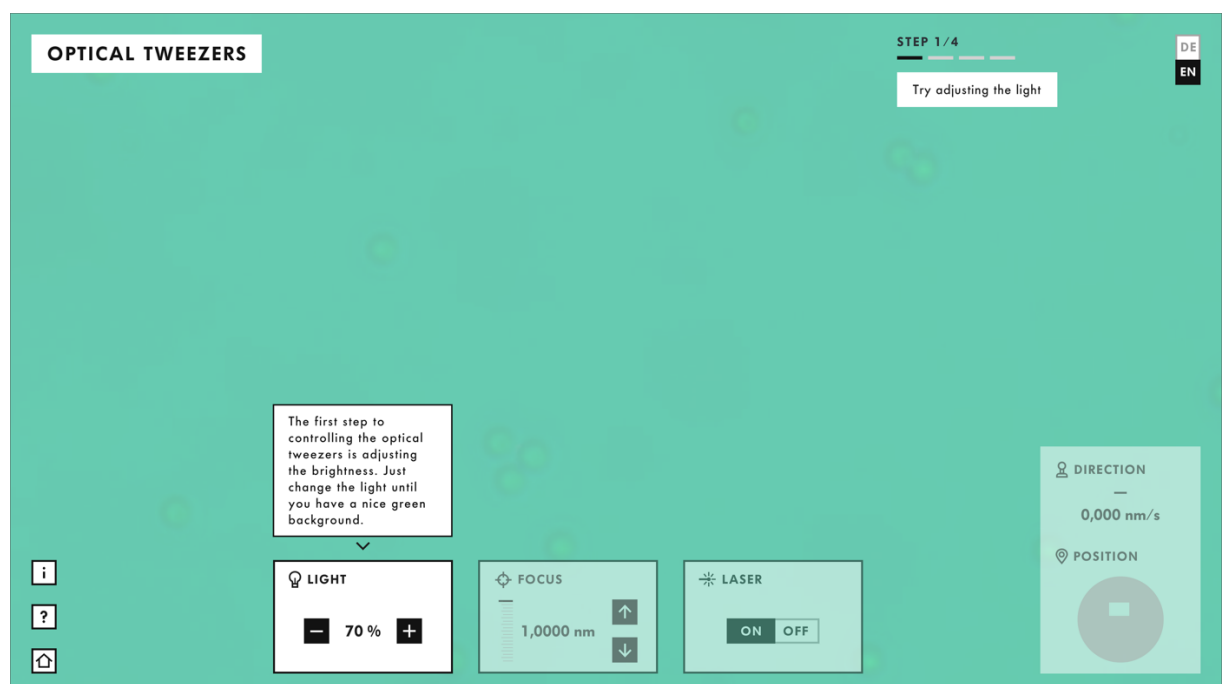


Figura 46. Primer paso del tutorial.
Beatriz Vargas.

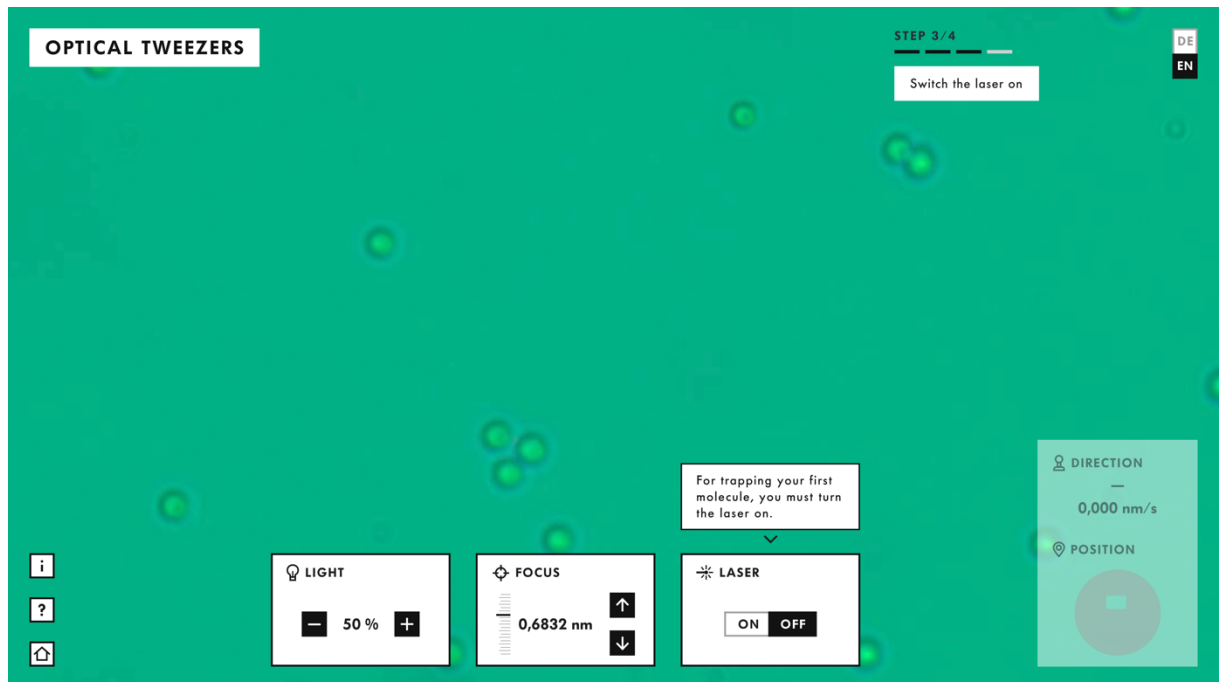


Figura 47. Tercer paso del tutorial.
Beatriz Vargas.

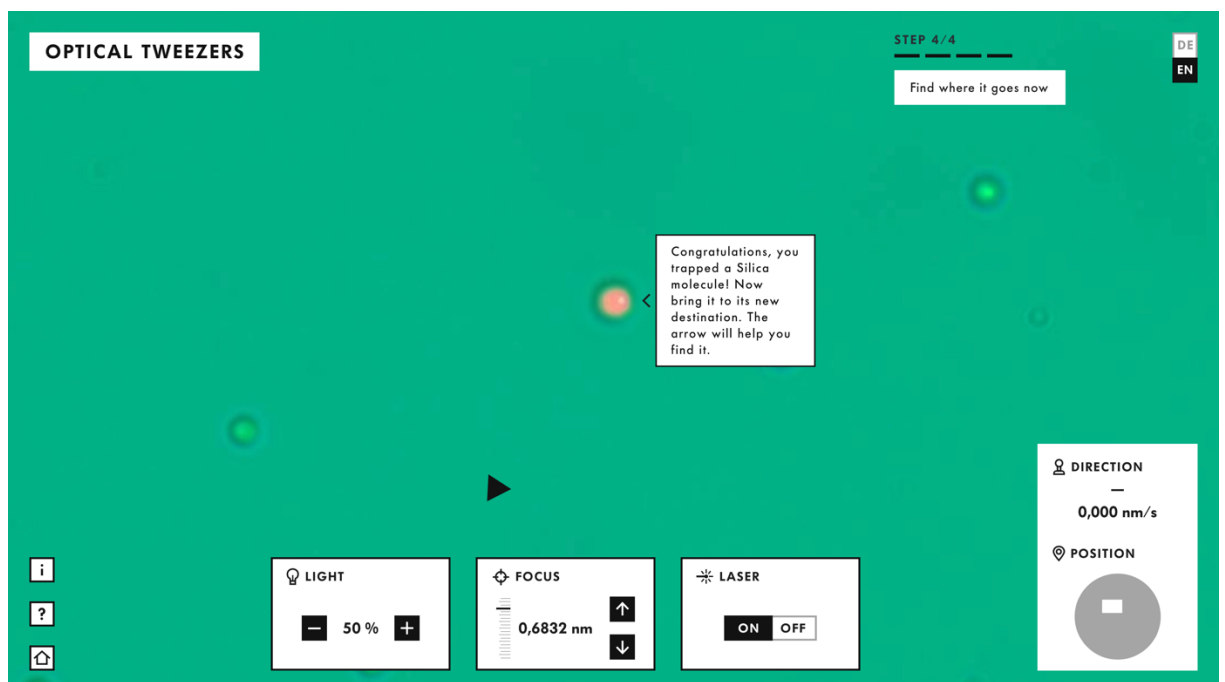


Figura 48. Cuarto paso del tutorial.
Beatriz Vargas.



Figura 49. Completando el tutorial.
Beatriz Vargas.

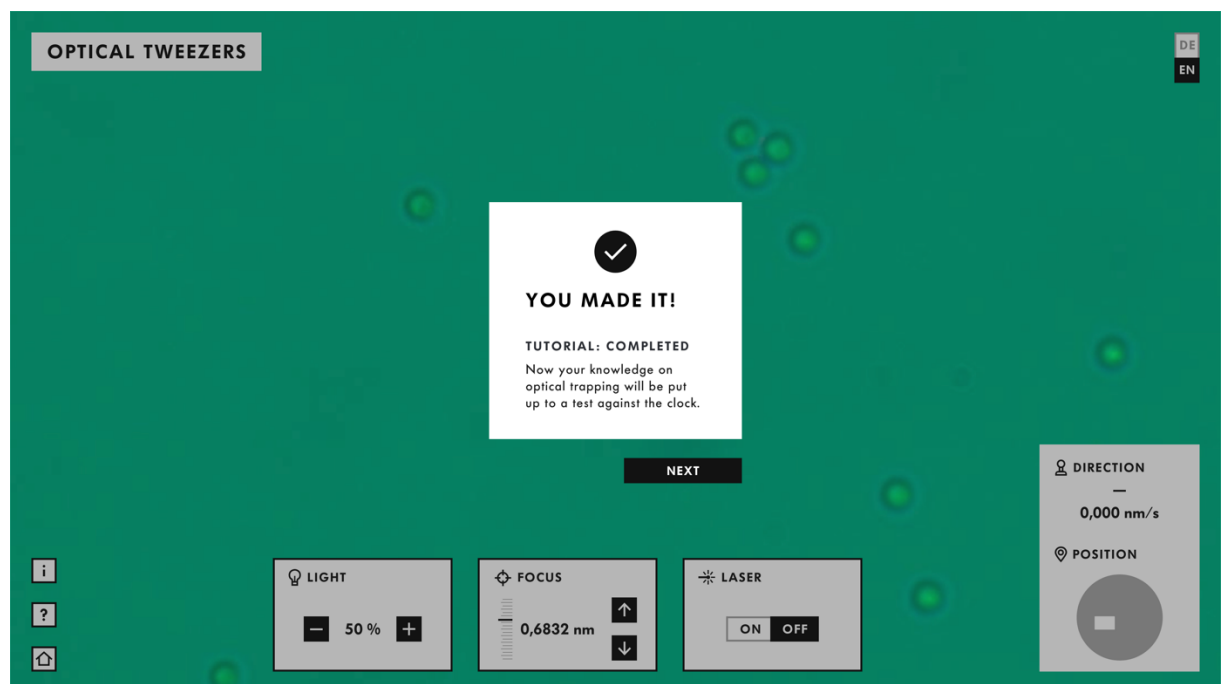


Figura 50. Tutorial completo.
Beatriz Vargas.

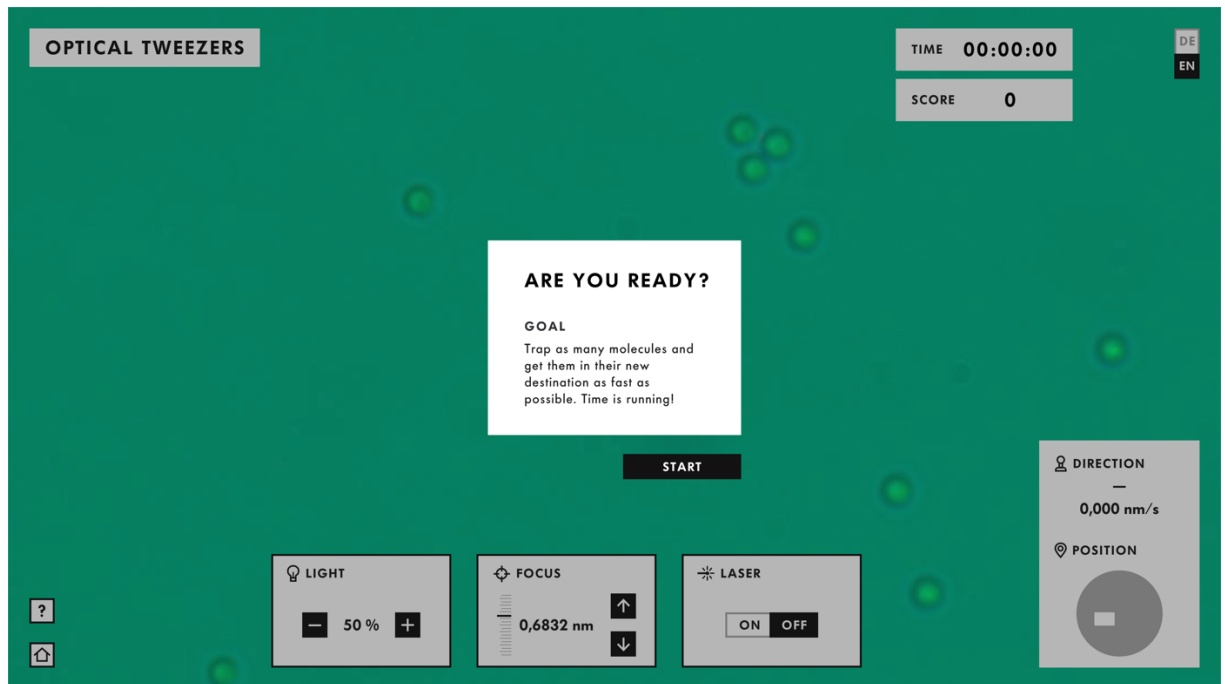


Figura 51. Mensaje del juego.
Beatriz Vargas.

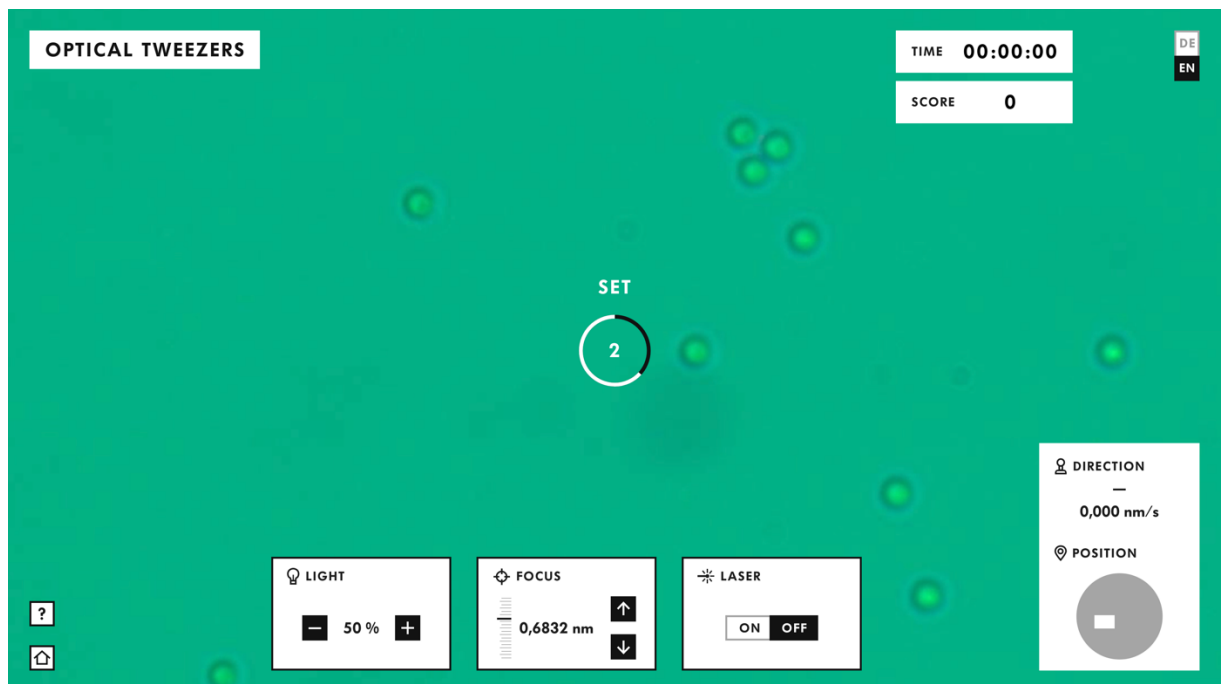


Figura 52. Cuenta regresiva del juego.
Beatriz Vargas.

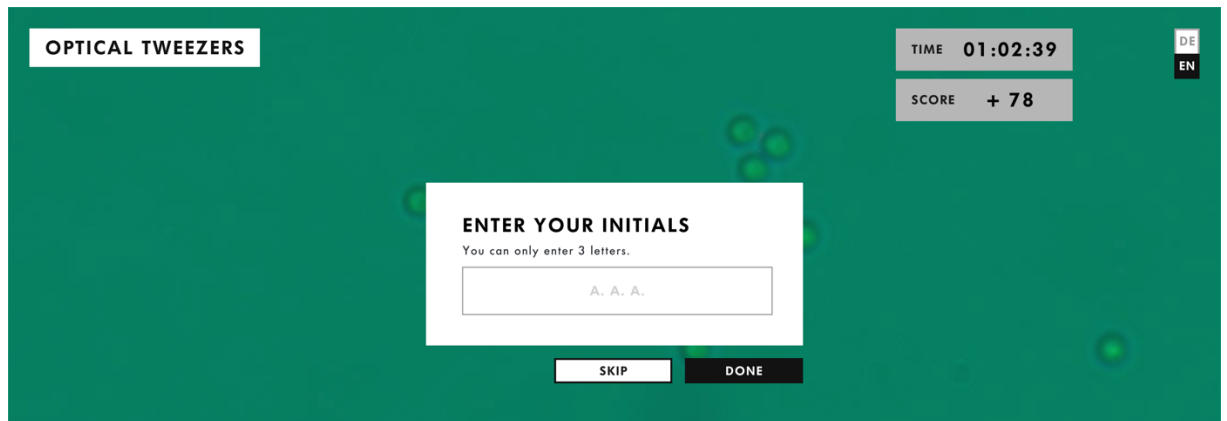


Figura 53. Input del nombre.
Beatriz Vargas.

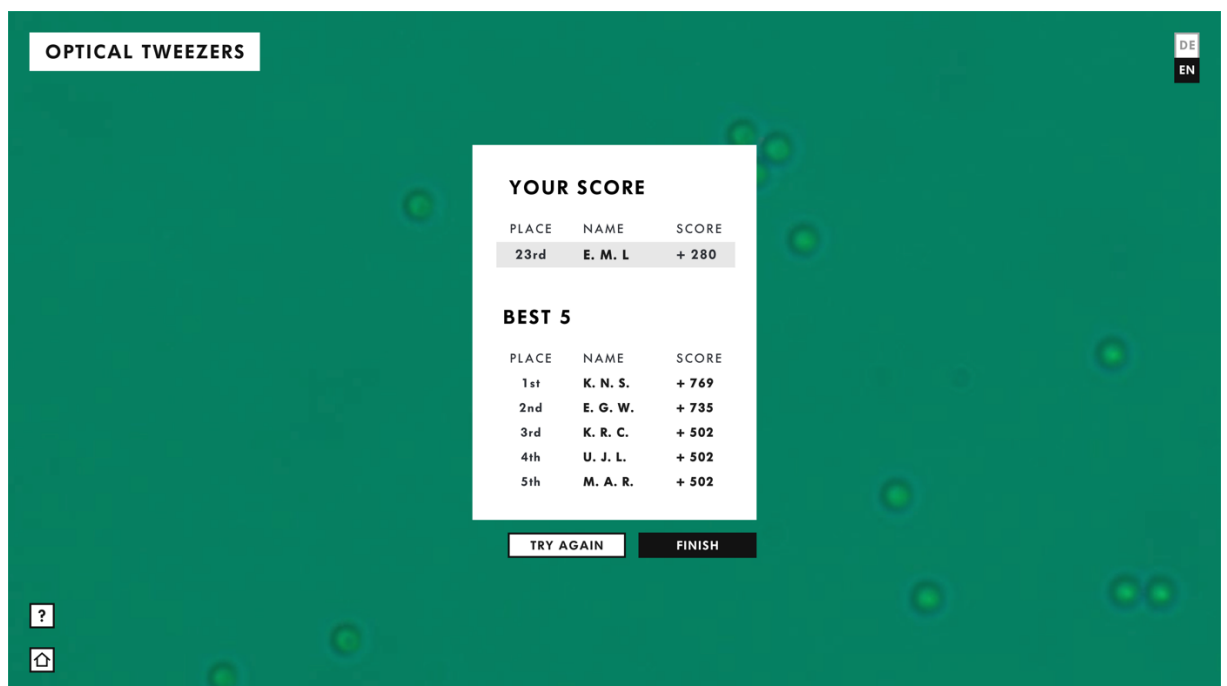


Figura 54. Lista de puntajes al finalizar el juego.
Beatriz Vargas.

7. Conclusiones

El proyecto logra ser finalizado satisfactoriamente, cuenta con un concepto y un flujo de uso bien definidos. La exhibición además se encuentra lista para seguir a las etapas de implementación y pruebas por parte de la empresa y poder finalizar con su instalación en el museo.

El cliente se encuentra contento con el resultado y cómo se logra dar una introducción clara y concisa sobre la herramienta, para que aquellos visitantes del museo más curiosos puedan ir a investigar aún más sobre esta tecnología. Esto sin dejar de lado, que la exhibición cumple con su objetivo y ofrece una experiencia única de trabajar a una precisión de nanómetros y lograr capturar moléculas vivas con tan solo el uso de un láser.

Finalmente, este concepto fue desarrollado dentro de los parámetros de tecnología y costos del cliente. Cumpliendo además con los requisitos de diseño propuestos por el museo y dentro del tiempo de desarrollo del mismo, por lo que la exhibición va a estar instalada para el día de apertura del Deutsches Museum Nürnberg en el verano del año 2021.

Bibliography

Calvo-Elizondo, A., Hernández-Castro, F. (2020) "Layout design: how sequential and simultaneous information displays affect decision-making processes in digital environments." *Revista Digital: Matemática, Educación e Internet*, 33(1), DOI: 10.18845/tm.v33i1.5021

Sánchez, L. E., Arias, J. V., Arias, A. V., & Arias, M. B. (2018). Evolución y tendencias investigativas de la interactividad de los museos a través de las TIC. *KEPES*, 1(18), 45-80.
<https://doi.org/10.17151/kepes.2018.15.18.3>

Clay, E. (2018, 23 abril). *Discovery Learning Method*. Inventionland Institute.
<https://inventionlandinstitute.com/discovery-learning-method/>

The Institute of Progressive Education and Learning. (2020). *How we Learn & Think*. <http://institute-of-progressive-education-and-learning.org/innovation-education/pedagogical-methodology-models/>

Clair, S. R. (2015). *Creating Courses for Adults: Design for Learning*.

Jossey-Bass.Leibniz Gemeinschaft. (2020). *Masterpieces of Science and Technology*. Deutsches Museum Nürnberg. <http://www.deutsches-museum.de/en/nuernberg/information/>

Fernandes, R., Odete, P. and Rocha, A. (2016). Proposal of a Tangible User Interface to Enhance Accessibility in Geological Exhibitions and the Experience of Museum Visitors. *Procedia Computer Science*, 100, 832-839.

Haesen, M. et al. (2009). An interactive coal mine museum visit: Prototyping the user experience. En *2nd Conference on Human System Interactions, 2009. HSI'09* (pp. 546-553). Catania, Italy: IEEE.

López, R.M. (2013). Diseño de un sistema interactivo orientado al usuario del museo. *Estudios Sobre el Mensaje Periodístico*, 19, 879-885.

Mikalef, K. et al. (2013). Does informal learning benefit from interactivity? The effect of trial and error on knowledge acquisition during a museum visit. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 7 (2), 158-175.

Paternò, F. and Mancini, C. (2000). Effective levels of adaptation to different types of users in interactive museum systems. *Journal of the American Society for Information Science*, 51 (1), 5-13.

Buchtová, M. (2012). Interactive Installation Design to Enhance Audience Immersion and Informational Behaviour. En M. Herrlich, R., Malaka and M.

Masuch (Ed.), *Entertainment Computing — ICEC 2012* (pp. 453-456). Heidelberg, Germany: Springer.

Apostolellis, P. and Bowman, D.A. (2015). Small group learning with games in museums: Effects of interactivity as mediated by cultural differences. En *Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children* (pp. 160-169). Catania, Italy: ACM.

Mishima N., Yamakoshi Petrosky T., Minowa H., Goto S. (1980). *Model experiment of two-dimensional Brownian motion by microcomputer*. Am. J. Phys. 48 (12), pp. 1050-1055

Anger C. D., Prescott J. R., A Monte Carlo.(1970). *Simulation of Brownian motion in the freshman laboratory*. Am. J. Phys. 38 (6), pp. 716-719

Gunther L., Weaver D. L., Monte Carlo.(1978). *Simulation of Brownian motion with viscous drag*. Am. J. Phys. 46 (5), pp. 543-545

Fisica Lab. (2020). *Principios de Óptica Geométrica*.
<https://www.fisicalab.com/apartado/fundamentos-optica-geometrica>

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
(2018). *Viscosidad: Ley de Stokes*. Universidad de Buenos Aires.
<http://materias.df.uba.ar/f1byga2018v/files/2018/03/stokes.pdf>

Bowman, R. W., Gibson, G., Carberry, D., Picco, L., Miles, M., & Padgett, M. J. (2011). *ITweezers: Optical micromanipulation controlled by an Apple iPad*. *Journal of Modern Optics*, 13(4), [044002].
<https://doi.org/10.1088/2040-8978/13/4/044002>

17K GmbH. (2020). *Projects*. <http://www.17k.de/portfolio/>

ATELIER BRÜCKNER. (2020). *Projects*. <https://atelier-brueckner.com/en/projects>

Deutsches Museum. (2020). *Information*.
<https://www.deutsches-museum.de>